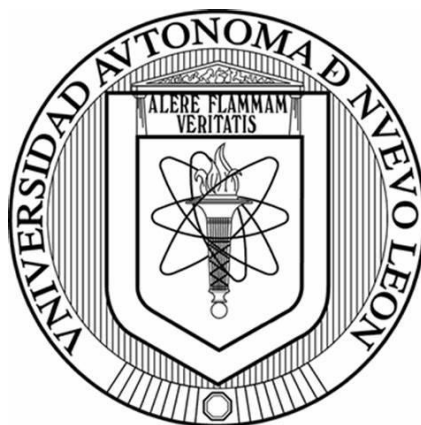


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL DE
LA MICROCUENCA “LOS ÁLAMOS” EN LINARES,
NUEVO LEÓN**

POR:

ING. SANDRA ELIZABETH SOLIS URBINA

Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Marzo, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL DE
LA MICROCUENCA “LOS ÁLAMOS” EN LINARES,
NUEVO LEÓN**

POR:

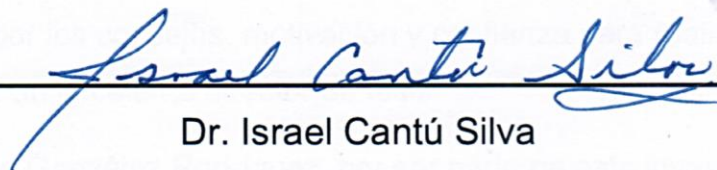
ING. SANDRA ELIZABETH SOLIS URBINA

Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Marzo, 2021

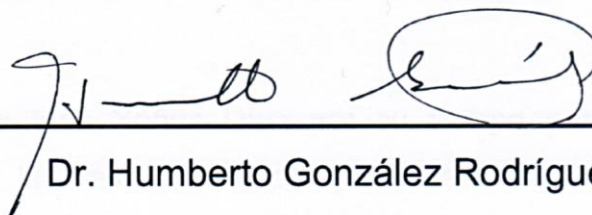
**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL DE
LA MICROCUENCA “LOS ÁLAMOS” EN LINARES,
NUEVO LEÓN**

Aprobación de Tesis



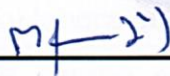
Dr. Israel Cantú Silva

Director



Dr. Humberto González Rodríguez

Co-director



Dra. María Inés Yáñez Díaz

Asesor

Diciembre, 2020

Agradecimientos

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca brindada para llevar a cabo este proyecto de investigación para la culminación de mi grado de Maestra en Ciencias.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por ser mi segunda casa para mi preparación profesional.

Al Laboratorio de Suelos y Nutrición de Bosques, por facilitarme el material y equipo necesario para realizar el procesamiento de las muestras.

Al Dr. Israel Cantú Silva, por brindarme su apoyo siempre en cada etapa de la investigación, por los consejos, motivación y confianza para realizar este valioso trabajo, por ser un excelente director de tesis.

Al Dr. Humberto González Rodríguez, por ser parte de esta investigación, por su apoyo y sus aportaciones y sugerencias. Por su confianza en mí para participar en de algunas actividades (eventos, difusión, etc.) en la Facultad de Ciencias Forestales.

A la Dra. María Inés Yáñez Díaz por su tiempo para asesorarme en las actividades de laboratorio, campo y procesamiento de datos con sus conocimientos y experiencia.

A Michel Martínez por ser parte fundamental de este proyecto, por su amor y paciencia, porque dedicó gran parte de su tiempo en apoyarme en todas las labores de campo y laboratorio. A Gisela Martínez y Abel Martínez por apoyarme en las labores de campo para la colecta de muestras y levantamiento de entrevistas. A los compañeros Celestino Sandoval y Rodolfo Martínez por sus consejos y asesorías, a mi amigo Francisco Cerda por su sincera amistad, apoyo personal y profesional, éxito en sus profesiones.

A los señores Israel Núñez, José María, Leopoldo Briones, Guadalupe Regalado, Eduardo de la Cruz y Jesús Briones quienes nos recibieron en su hogar y amablemente aportaron valiosa información durante las entrevistas.

Dedicatorias

Doy gracias a Dios por su incomparable amor, por guardarme y ser mi guía para cada paso, sin él nada soy.

A mis padres Ernesto y Blanca por ser el cimiento de mi familia, con trabajo y ejemplo nos han guiado. A mis hermanos Ernesto, Luis y Raúl, porque cuando necesite su apoyo me lo brindaron, por su paciencia y amor.

A mi novio Isauro Michel Martínez Rivera porque siempre ha estado en todo momento para brindarme su apoyo incondicional, es un gran hombre y compañero, ha compartido sus conocimientos que han sido de gran apoyo para mi vida profesional y personal.

A mi abuelo Luis Urbina Cardona (+), porque me transmitió el amor y la importancia de la naturaleza.

A mi abuelo Ernesto Solís Sánchez (+) y mi tío José de Jesús Solís Leal (+), quienes han partido durante el periodo comprendido para este estudio, pero me dejaron un gran ejemplo de trabajo y dedicación, así como fueron grandes impulsores en darme ánimo para superarme profesionalmente, teniendo su confianza en mí para poder lograr las metas que me propongo.

*"Tomó pues Jehová Dios al hombre,
y lo puso en el huerto de Edén,
para que lo labrara y lo guardase"*

G 2:15

ÍNDICE

Índice de figuras.....	5
Índice de tablas.....	8
Lista de símbolos y abreviaturas.....	10
Resumen	11
Abstract.....	12
Introducción	13
Justificación	15
Antecedentes	16
Hipótesis	19
Objetivo del trabajo	19
Objetivos Específicos	19
Material y métodos.....	20
Trabajo de gabinete.....	20
Aplicación de encuestas	20
Muestreo y análisis de suelo	21
Zonificación	21
Análisis de la información	21
I. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	22
1. Marco físico.....	22
1.1. Localización del área de estudio.....	22
1.2. Clima.....	23
1.3. Edafología.....	26
1.4. Fisiografía	28
1.5. Hidrología	29
1.6. Geología	31
1.7. Vegetación.....	31
1.7.1. Bosque de Pino-Encino	32

1.7.2. Matorral Submontano	32
1.8. Fauna.....	34
1.9. Vías de comunicación.....	34
2. Marco social.....	35
2.1. Historia	35
2.2. Población.....	36
2.3. Vivienda.....	37
2.4. Servicios	38
2.5. Educación.....	38
2.6. Salud	39
2.7. Organización	39
2.8. Marco económico	39
2.9. Tenencia de la tierra.....	40
2.10. Subsidios y Apoyos	42
2.11. Sistemas de producción	42
2.11.1. Agrícola	42
2.11.2. Pecuario	43
2.11.3. Forestal.....	44
2.11.3.1. Recursos Forestales no maderables	45
2.12. Usos del suelo.....	45
2.12.1. Zonificación.....	46
3. Síntesis	47
II CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL SUELO LUVISOL	49
1. Selección del sitio	49
2. Características del suelo.....	50
3. Análisis Estadístico	55
4. Resultados.....	57
4.1. Densidad Aparente (DA)	57
4.2. Porosidad (Po).....	58

4.3. Materia Orgánica (MO).....	59
4.4. Carbono Orgánico (CO)	60
4.4.1. Valoración	61
4.5. Conductividad Eléctrica (CE).....	62
4.6. Textura o composición granulométrica.....	64
4.7. Conductividad Hidráulica	65
4.8. Color	65
4.9. Correlación de las variables	67
4.10. Comparación de muestras independientes pH y %Arcilla	69
III. DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL.....	72
1. Diagnóstico de la problemática	72
1.1. Jerarquización de la problemática	74
2. Propuesta de Manejo	78
2.1. Reforestación de la zona degradada parte alta de la microcuenca sobre curvas a nivel	81
2.1.1. Objetivo.....	81
2.1.2. Selección de especies para la reforestación.....	82
2.1.3. Formación de vivero comunitario	83
2.1.4. Recolección de frutos	84
2.1.5. Siembra.....	85
2.1.6. Trasplante	85
2.1.7. Preparación del terreno	86
2.1.8. Transporte de planta.....	87
2.1.9. Protección y mantenimiento.....	87
2.2. Sistemas agroforestales	89
2.2.1. Componentes del sistema.....	91
2.2.2. Selección de la especie Prosopis leavigata	91
2.2.3. Importancia nutrimental del Mezquite	92
2.2.4. Establecimiento de los árboles en franjas.....	92
2.2.5. Valor agregado de las vainas de mezquite	93

2.2.6. Monitoreo	94
2.3. Financiamiento	95
Discusión	96
Conclusiones	99
Bibliografía	102
Anexos	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la microcuenca “Los Álamos”	22
Figura 2. Diagrama de Walter-Lieth representando la temperatura y precipitación, además se añadió la variable evaporación, periodo 1977 – 2013. Periodos húmedos se marcan con diagonales azul, periodos secos (evaporación > precipitación) se marcan con diagonales en naranja.	23
Figura 3. Índice Normalizado de Precipitación para la estación San Francisco La Carrera.....	25
Figura 4. Clasificación edafológica de la microcuenca Los Álamos.....	26
Figura 5. Fisiografía de la Microcuenca Los Álamos.	29
Figura 6. Localización Hidrológica y tipos de corrientes.	30
Figura 7. Geología, Unidades de roca aflorantes en el área de estudio.	31
Figura 8. Uso de Suelo y Vegetación en la Microcuenca Los Álamos.....	32
Figura 9. Vegetación en la microcuenca.....	33
Figura 10. Vías de acceso al área de estudio.....	35
Figura 11. Fotografías de la toma de entrevistas.....	36
Figura 12. Distribución por edades del total de población de la microcuenca. .	37
Figura 13. Distribución de las viviendas y la utilización en la microcuenca.	37
Figura 14. Escuela Primaria Lic. Benito Juárez, Congregación Caja Pinta.....	38
Figura 15. Distribución de los ejidos, parcelas y áreas de uso común en la microcuenca.....	41
Figura 16. Especies forestales con aprovechamiento vigente.	45
Figura 17. Zonificación de la microcuenca Los Álamos.	46
Figura 18. Usos del suelo Luvisol en el sitio de estudio.....	49
Figura 19. Densidad Aparente (DA) en los diferentes usos del suelo. Para una profundidad dada, las distintas letras indican diferencias estadísticas para la misma profundidad (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.....	57
Figura 20. Porosidad (Po) en los diferentes usos del suelo. Para una profundidad dada, las distintas letras indican diferencias estadísticas para la misma profundidad (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.....	59

Figura 21. Contenido de Materia Orgánica (MO) en los diferentes usos del suelo. Para una profundidad dada, las distintas letras indican diferencias estadísticas para la misma profundidad (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.	60
Figura 22. Contenido de Carbono Orgánico (CO) en los diferentes usos del suelo. Para una profundidad dada, las distintas letras indican diferencias estadísticas para la misma profundidad (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.	61
Figura 23. Conductividad Eléctrica (CE) en los diferentes usos del suelo. Para una profundidad dada, las distintas letras indican diferencias estadísticas para la misma profundidad (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.	63
Figura 24. Composición granulométrica (Limo y Arena) en los diferentes usos del suelo. Para una profundidad dada, las distintas letras indican diferencias estadísticas para la misma profundidad (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.	64
Figura 25. Permeabilidad en los diferentes usos del suelo a una profundidad superficial. Las distintas letras indican diferencias estadísticas (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.	65
Figura 26. Categorización del impacto de los recursos agua, suelo y vegetación y el nivel de importancia para su recuperación o mejoría, para los productores.	79
Figura 27. Líneas de acción para el manejo integral de la microcuenca Los Álamos (Elaboración propia).....	80
Figura 28. Pasos para el establecimiento de una reforestación (Piñuela et al., 2013).....	81
Figura 29. Localización del área para reforestación.	81
Figura 30. Formación de un techo de mallasombra para vivero.	83
Figura 31. Colecta de frutos de forma directa.....	84
Figura 32. Almácigos y envases de siembra.	85
Figura 33. Establecimiento de puntos para la plantación.....	86
Figura 34. Terrazas individuales.	86
Figura 35. Traslado de la planta al sitio de plantación.	87
Figura 36. Área propuesta para un sistema pastoril-silvícola.	89

Figura 37. Beneficios interrelacionados de los sistemas pastoril-silvícola.	90
Figura 38. Acomodo del sistema pastoril silvícola y cantidad de planta necesaria	93
Figura 39. Productos derivados de la vaina de mezquite.	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores del Índice Normalizado de Precipitación	24
Tabla 2. Probabilidad de recurrencia.	25
Tabla 3. Unidades edafológicas del área de estudio.	27
Tabla 4. Multifuncionalidad de los suelos (Blanco y Lal, 2010).....	28
Tabla 5. Caracterización de la microcuenca (SIATL, 2010).....	29
Tabla 6. Distribución de los usos del suelo en la Microcuenca Los Álamos.	46
Tabla 7. Caracterización físico-química del suelo.....	50
Tabla 8. Resumen del análisis de varianza de un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial para las variables densidad aparente (DA), %Porosidad (Po), materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), conductividad eléctrica (CE), %Arena, %Limo y conductividad hidráulica (CH).	56
Tabla 9. Valoración de la Densidad Aparente.....	58
Tabla 10. Contenido (%) de CO en suelo (según Walkley y Black modificado).62	
Tabla 11. Valoración de la salinidad.	63
Tabla 12. Determinación del color de suelo de tipo Luvisol bajo diferentes usos.	66
Tabla 13. Coeficientes de correlación (n=16) de Spearman entre variables para la profundidad 0-10 cm. Los valores en negritas indican significancia de p bilateral (*) $p \leq 0.05$ y (**) $p \leq 0.01$	68
Tabla 14. Coeficientes de correlación (n=16) de Spearman entre variables para la profundidad 10-30 cm. Los valores en negritas indican significancia de p bilateral (*) $p \leq 0.05$ y (**) $p \leq 0.01$	68
Tabla 15. Prueba de Kruskal-Wallis para detectar diferencias entre los usos del suelo para las variables pH y %Arcilla.	69
Tabla 16. Comparación por pares, prueba post-hoc de Kruskal-Wallis (sig. $p < 0.05$).....	69
Tabla 17. Prueba de U de Mann-Whitney para dos muestras (sig. 0.05).	70
Tabla 18. Valoración del grado de la reacción del suelo.....	70
Tabla 19. Análisis FODA.....	72
Tabla 20. Análisis FODA (continuación).	73
Tabla 21. Valoración de las problemáticas del sector social.....	74

Tabla 22. Valoración de las problemáticas del sector ambiental	75
Tabla 23. Valoración de las problemáticas sector forestal.....	76
Tabla 24. Valoración de las problemáticas sector económico	77
Tabla 25. Número de plantas para la reforestación en fajas sobre curvas a nivel.	82
Tabla 26. Presupuesto para formación de techo mallasombra de vivero.	83
Tabla 27. Semilla requerida para la plantación.....	84
Tabla 28. Insumos requeridos para la producción de planta.	85
Tabla 29. Insumos requeridos para establecimiento de planta	87
Tabla 30. Monitoreo de la plantación.....	88
Tabla 31. Inversión requerida para el establecimiento de cerco de protección.	88
Tabla 32. Inversión total del proyecto.	88
Tabla 33. Importancia etnobotánica de las especies seleccionadas (Saucedo, 2011; Ríos, 2016).	91
Tabla 34. Contenido energético de vainas de mezquite de acuerdo con el nivel de maduración (Armijo et al., 2019).	92
Tabla 35. Inversión para el establecimiento de un sistema pastoril-silvícola	94

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.

FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

MDE: Modelo de elevación.

PHINA: Padrón e Historial de Núcleos Agrarios.

RAN: Registro Agrario Nacional.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SIATL: Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas.

SMN: Servicio Meteorológico Nacional.

SMO: Sierra Madre Oriental.

DA: Densidad aparente.

Po: Porosidad.

MO: Materia orgánica.

CO: Carbono orgánico.

CE: Conductividad eléctrica.

CH: Conductividad hidráulica.

SPI: Standard Precipitation Index

RESUMEN

Se realizó una descripción del marco físico, socioeconómico y de los sistemas de producción de la microcuenca “Los Álamos” ubicada en Linares, Nuevo León. Se analizó la información primaria y secundaria de las prácticas de manejo. Se aplicaron entrevistas semiestructuradas y se analizaron las propiedades físicas y químicas del suelo de tipo Luvisol mediante la toma de muestras compuestas de 4 usos del suelo Matorral, Agricultura, Pastas y Plantación. Las variables medidas fueron Densidad Aparente (DA), Porosidad, Materia Orgánica (MO), Carbono Orgánico (CO), Conductividad Eléctrica, pH, Color, Conductividad Hidráulica (CH) y Textura. Los sitios que presentaron mayores cambios fueron los usos de pastas y agricultura, las variables con mayor impacto fueron DA, MO, CO y CH principalmente por la falta de cubierta vegetal y compactación por pastoreo, por lo que se recomienda implementar alternativas agroecológicas para el uso de suelo con el fin de aumentar la cantidad de cubierta vegetal y mejorar las propiedades físicas del suelo Luvisol, por ende, mayor captación de agua y aumento de la productividad agrícola y forrajera.

ABSTRACT

A description of the physical and socioeconomic framework and the production systems of the micro-basin "Los Alamos" located in Linares, Nuevo Leon was made. Primary and secondary information on management practices was analyzed. Semi-structured surveys were applied and the physical and chemical properties of a Luvisol type of soil were analyzed by taking samples composed of 4 land uses: Scrubland, Agriculture, Pasture and Plantation. The variables measured were Apparent Density (AD), Porosity, Organic Matter (OM), Organic Carbon (OC), Electrical Conductivity, pH, Color, Hydraulic Conductivity (HC) and Texture. The sites that showed the greatest changes were the pasture and agriculture uses. The variables with greatest impact were AD, OM, OC and HC mainly by the lack of plant cover and compaction by grazing, reason why it is recommended to implement agro-ecological alternatives for the use of land with the purpose of increasing the amount of plant cover and improving the physical properties of the Luvisol soil; therefore, a greater water collection and increase of the agricultural and forage productivity.

INTRODUCCIÓN

Una cuenca es el espacio o unidad de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal (Cotler et al., 2013). En la cuenca hidrográfica se encuentran todos los procesos socio-ecológicos que están estrechamente ligados entre sí, generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar de la población. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica (Carrie, 2004).

Es posible realizar el manejo de la cuenca cuando se reconocen los beneficios e impactos que se generan por los habitantes desde los parteaguas como puntos altos y las zonas bajas donde se expresan de forma acumulativa dichos fenómenos (Cotler et al., 2013).

En México, reconocer la dinámica hidrológica ecosistémica, cultural, social e institucional de las cuencas hidrográficas implica conocer el área que habitamos, qué son y de dónde provienen los bienes y servicios ambientales de los que nos beneficiamos, el suelo, los bosques y la biodiversidad, qué funciones cumplen y cómo se relacionan con el elemento agua de la red de arroyos que conforman la cuenca alta y baja (Cotler et al., 2013).

Puntualizar la investigación en espacios definidos naturalmente, como son las cuencas hidrográficas, permite obtener información de la interrelación e interdependencia del espacio y tiempo del medio biofísico, los modos de apropiación y la sociedad (Cotler et al., 2013). Por ello, la razón principal del manejo de las cuencas es la buena utilización del recurso hídrico.

Por otra parte, el suelo es el recurso más importante para el desarrollo del sector agropecuario y la forma en que se haga uso y manejo de este recurso determina en gran manera la productividad de este (Domínguez, 2016).

Los cambios de uso de suelo son esenciales para el desarrollo económico y social (Yáñez, 2017). El suelo es la base de la seguridad alimentaria y la calidad ambiental, proporciona además combustibles y fibras, desafortunadamente no se

visualiza de esta manera hasta que la producción de alimentos está en peligro (Blanco & Lal, 2008). El suelo y el agua son componentes estrechamente relacionados como componentes del ecosistema como al momento de ser aprovechados, siendo la agricultura la que mayormente utiliza estos recursos (Rodríguez, 2010).

Las técnicas de conservación de agua y suelo combaten con la degradación de las tierras y modifican de manera positiva la distribución del agua en forma de lluvia, mediante la recolección de escorrentía y la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo, propiciando la reducción de la evaporación y la percolación profunda (Falkenmark et al., 2001). Estas técnicas son ampliamente conocidas, pero su implementación sucede de manera específica para cada sitio, depende de las condiciones biofísicas y socioeconómicas del área de interés (Wildemeersch et al., 2015).

La región citrícola concentra el 32 % del agua disponible para el estado de Nuevo León, por lo que se identifican áreas de oportunidad para el manejo y conservación del suelo y agua, principalmente aumentar la cobertura vegetal, reducir la contaminación del suelo, inducir la cultura del agua, modernizar y tecnificar el riego parcelario, así como cambiar el patrón de los cultivos, por mencionar algunas (Cantú & Rodríguez, 2014).

JUSTIFICACIÓN

El presente estudio se realizó en la microcuenca Los Álamos, debido a las características que reúne la zona estando limitada por la Sierra Madre Oriental, sitio estratégico de la conservación de la región noreste. La caracterización social, económica y ambiental es fundamental para identificar el manejo de los recursos naturales, de esta manera es posible la formulación de un plan estratégico para el manejo integral de estos recursos, por lo que esta investigación servirá de guía para la toma de decisiones en los sistemas productivos.

El suelo de tipo Luvisol puede estar cubierto por diferentes tipos de vegetación desde bosques templados hasta pastizales en las zonas bajas, son característicos de zonas con mayor humedad o climas templados, se encuentra entre los tipos de suelo con mayor fertilidad a nivel nacional, por lo que su uso para la práctica agrícola es fundamental.

ANTECEDENTES

La escasez de agua es hoy uno de los grandes retos que afronta la humanidad para el futuro. El problema es que los recursos hídricos del planeta se encuentran irregularmente distribuidos. Mientras hay zonas, como América del Sur, que disponen del 26% de los recursos hídricos del planeta para un 6% de la población (sólo en la cuenca del Amazonas se concentran el 15% de toda la existencia mundial). Asia, que concentra el 60% de la población mundial, sólo dispone del 36% del agua dulce disponible (ONU-DAES, 2014).

El Instituto de Recursos Hídricos (WRI, por sus siglas en inglés) reporta con datos actualizados al 2019, cerca de la quinta parte de los países del mundo sufrirán problemas relacionados con el acceso al agua en el año 2040. Los países del Oriente Medio serán los más afectados, área caracterizada por la ausencia de precipitaciones y altas temperaturas, por lo que apenas existen ríos con un cauce permanente. La presión por el aumento de la población y el estilo de vida cada vez más occidentalizado, provoca el consumo irracional del agua, ya que mientras aumenta la demanda de alimentos aumenta para este recurso también (FCEA, A.C, 2017).

En México, el 65% la superficie se encuentra representada por zonas áridas, ocupando el segundo lugar en Latinoamérica después de Argentina, con un régimen de aridez del 18% para Hiper Árido, 14% Árido, mientras que un 14% para Semiárido y 14% Subhúmedo; esta última considerada dentro de la clasificación como zona árida (UNESCO, 2010).

El crecimiento de las regiones no coincide con la disponibilidad de agua; el 77% de la población habita en la zona centro y norte, donde se genera el menor escurrimiento natural por las lluvias (Jáquez, 2006).

Las partes altas y las áreas de captación de las cuencas en México presentan graves problemas de deterioro de los recursos naturales, lo cual repercute de forma negativa, en la sostenibilidad de las actividades productivas y por

consecuencia en el nivel de vida de los habitantes de las áreas rurales (INECOL, 2004).

Durante los últimos 50 años los seres humanos han transformado los ecosistemas del mundo más rápida y extensamente, esto sucede con mayor intensidad cuando la vegetación se encuentra en estado secundario. En México, extensas superficies de ecosistemas han sido degradadas o transformadas en campos agrícolas, pastizales para ganado, zonas urbanas y rurales de población (SNIARN, 2013).

En el estado de Nuevo León, el recurso agua es proporcionado en dos maneras; la primera a través de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM) y de forma autoabastecida por concesiones de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2017), esta última atiende las prácticas agrícolas y pecuarias (FAMM, 2018). El 71% del uso de agua en Nuevo León se destina al uso agrícola con un volumen total de 1,474 hm³/año, seguido por el 26% para abastecimiento público con un volumen de 533 hm³/año, mientras que el 4% para la industria (CONAGUA, 2017).

La comisión nacional de la biodiversidad (CONABIO) en el 2014 propuso 464,338 ha para la conservación de la biodiversidad en Nuevo León; de esta área, el 84.7% se encuentran en las cuencas Sierra Madre Oriental, Río Bravo – San Juan y Río San Fernando, en esta última se encuentra la microcuenca donde se desarrolló la presente investigación.

Por otra parte, Cantú et al. (2018), mencionan que las cuencas con un Índice de Impacto Ambiental mayor en Nuevo León son Río Bravo – San Juan y Río San Fernando, además de ser esta última la que mayor déficit de agua disponible presenta con -309,679,454 hm³

Situándose en una menor escala para el área de estudio, se encuentra la Subcuenca “Río Limón” descrita por Reyes (2000), quién reporta el grado de desertificación en relación con los usos del suelo, donde el uso forestal presentó un 80% con un grado de moderado a grave, seguido por agostadero con un 20%

para el mismo rango. Dicho autor hace referencia a que los valores más altos encontrados se derivan principalmente a sitios localizados en la Sierra Madre Oriental.

Por ello, la gestión del agua y el suelo en la zona de la microcuenca Los Álamos se puede considerar aún como un espacio de detección temprana para atender la degradación que aparentemente se encuentra en una fase de inicio o poco avance, considerando la variabilidad e incertidumbre de factores relevantes ya citados de manera general para la región.

HIPÓTESIS

Los sistemas de producción y uso de suelo de la microcuenca “Los Álamos” no se realizan de manera sustentable por lo que es necesario el mejoramiento de estos.

OBJETIVO DEL TRABAJO

Sistemas de producción. - Identificar si las actividades productivas se realizan de manera sustentable en base a los recursos disponibles y las técnicas empleadas.

Caracterización del suelo tipo Luvisol. - Identificar los factores de cambio de uso del suelo que influyen en la alteración de las propiedades físicas y químicas en un tipo de suelo Luvisol.

Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico y zonificación de la microcuenca.
- Realizar un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas).
- Evaluar parámetros físicos y químicos de un suelo de tipo Luvisol bajo diferentes usos.
- Realizar propuestas estratégicas que permitan el desarrollo integral y sustentable de la microcuenca.

MATERIAL Y MÉTODOS

La obtención de información en la microcuenca consistió en tres fases:

Información primaria	Información secundaria	Análisis de la información
<ul style="list-style-type: none">• Observación mediante recorridos en campo• Aplicación de entrevista a los pobladores• Colecta de muestras de suelo	<ul style="list-style-type: none">• Trabajo de gabinete para la revisión de literatura.• Manejo de información digital con sistemas de información geográfica.	<ul style="list-style-type: none">• Análisis FODA• Trabajo de laboratorio• Formulación de una propuesta de manejo sustentable.

Trabajo de gabinete

Se recopiló información de los usos potenciales del suelo que se practican en la zona, obteniendo información de la estructura física de la microcuenca y considerando elementos como vegetación, fauna, tipo de suelo y sus usos, agua disponible, entre otros, que nos orientarán a la búsqueda de soluciones a los problemas presentes en los sistemas adoptados en las actividades que se llevan a cabo para la productividad y aprovechamiento de las tierras.

Aplicación de encuestas

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas con el fin de conocer directamente los criterios e ideas de los productores, de esta forma fue posible conocer ampliamente la situación actual que se presenta, la cual puede ser impedimento para un buen manejo, aprovechamiento y producción de la microcuenca. La entrevista fue dirigida a todos los ejidatarios o sucesores que se encuentran activos en el sector productivo (localizados en el sitio), consistió en los siguientes sectores: Aspectos Socioeconómicos y Actividades Productivas (Agricultura, Pecuario, Animales Domésticos y Sector Forestal).

Muestreo y análisis de suelo

Se eligieron 4 diferentes usos del suelo en un Luvisol: Matorral Submontano (testigo), Agricultura, Pastizal y Huerta de nogal, donde se evaluaron algunos parámetros de las propiedades físicas y químicas del suelo.

Zonificación

Se realizó la zonificación de la microcuenca y sus diferentes usos de suelo, entre ellas agricultura, asentamientos humanos, agostaderos, plantaciones, matorral submontano y bosque de pino-encino. Lo anterior, para conocer la distribución y proporción de uso del suelo de la microcuenca.

Análisis de la información

Con la información recopilada, se realizó el diagnóstico y la jerarquización de los problemas utilizando un análisis FODA, además se sometieron los datos resultantes de las muestras de suelo aplicando análisis estadísticos, todo ello permitió la planeación de la propuesta de manejo integral de la microcuenca.

I. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. Marco físico

1.1. Localización del área de estudio

La microcuenca se localiza en el municipio de Linares, N.L. Tiene una superficie de 7,437 ha y se ubica entre las coordenadas extremas UTM 2735850.0 Oeste, 2726400.0 Este y 434600.0 Norte, 423500.0 Sur, con una altitud máxima de 1,762 msnm y una altura mínima de 479 msnm (SIATL, 2010). Se encuentra situada en la Llanura Costera Del Golfo, la subprovincia Sierra de San Carlos con un sistema de topo formas de lomerío (INEGI, 2001). El cauce principal donde desembocan los escurrimientos es “Río Pablillo” específicamente situado dentro la subcuenca RH25De - Rio Limón y de la Cuenca RH25- San Fernando (INEGI, 2004). Está microcuenca incluye los ejidos La Carrera, El Fresno, Los Álamos y la comunidad de Caja Pinta (Figura 1).

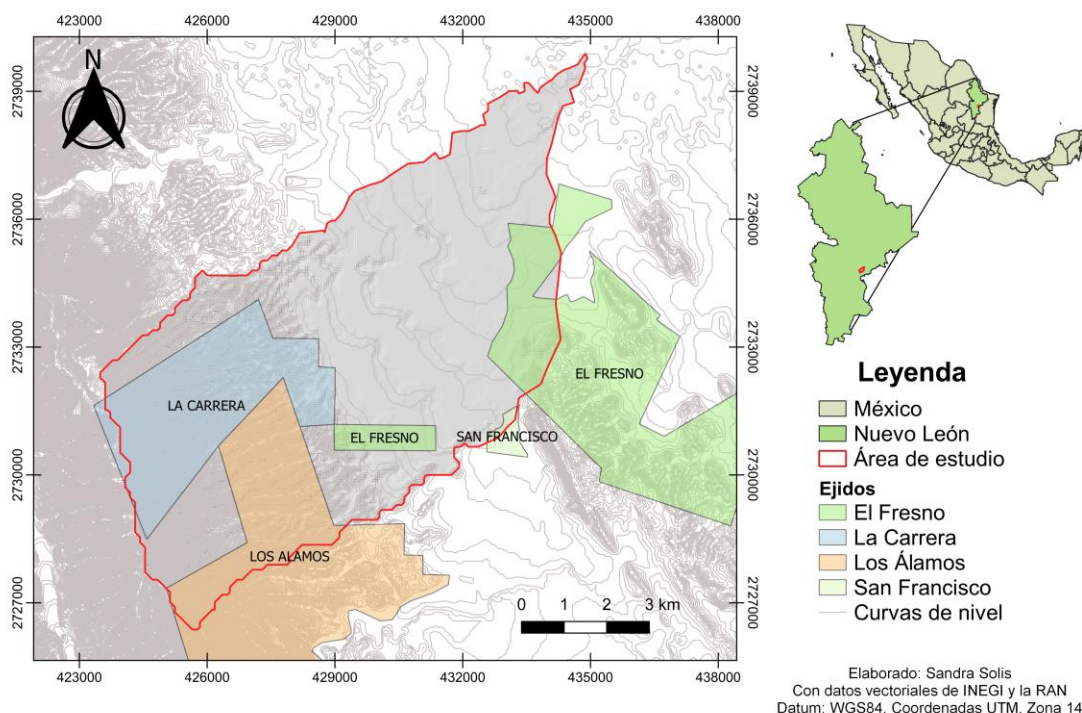


Figura 1. Localización de la microcuenca “Los Álamos”

1.2. Clima

El clima predominante es templado semicálido subhúmedo, se colectaron datos del registro de la estación meteorológica San Francisco La Carrera, Clave 19100, posición 24.69N -99.68W a una altitud de 514 m (Conagua-SMN, 2010).

Se trabajó con los registros normales mensuales de precipitación del periodo 1977-2013 y se elaboró el diagrama de Temperatura – Precipitación - Evaporación, con una media de 22.2 °C y 84.6 mm respectivamente, observando durante la época de invierno, incluyendo el mes de noviembre, un periodo de ligera seca, mientras que para el resto del año existe una permanencia en las precipitaciones, con mayor ocurrencia en el mes de septiembre, comportamiento típico en la región. La evaporación y la precipitación presentan un balance negativo en la mayor parte del año, únicamente se presenta de forma positiva durante los meses de septiembre y octubre (Figura 2).

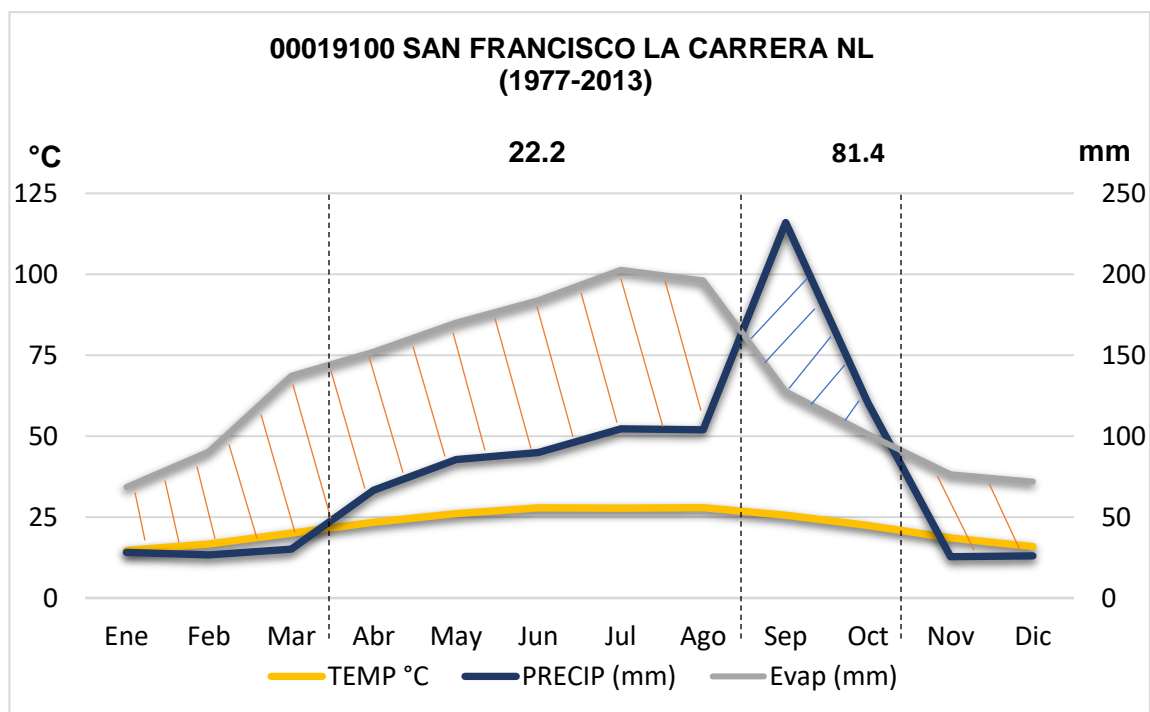


Figura 2. Diagrama de Walter-Lieth representando la temperatura y precipitación, además se añadió la variable evaporación, periodo 1977 – 2013. Periodos húmedos se marcan con diagonales azul, periodos secos (evaporación > precipitación) se marcan con diagonales en naranja.

Se generó el SPI (Standard Precipitation Index) para cuantificar el déficit de precipitación, siendo una herramienta útil para la alerta temprana de sequías (OMM, 2012). La selección de la información de precipitación consistió en tres criterios:

1. Estación climatológica activa para poder evaluar las sequías de los últimos años.
2. Que los registros de precipitación fueran de al menos 30 años.
3. Que la estación estuviera dentro o lo más cercano a la microcuenca, a fin de tener una buena representación espacial de la sequía.

Se utilizó la clasificación de McKee et al. (1993) para la clasificación de intensidad de sequía (Tabla 1).

Tabla 1. Valores del Índice Normalizado de Precipitación

Valor	Clase
2.0 y más	Extremadamente húmedo
1.5 a 1.99	Muy húmedo
1.0 a 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 a 0.99	Normal o aproximadamente normal
-1.0 a -1.49	Moderadamente seco
-1.5 a -1.99	Severamente seco
<-2	Extremadamente seco

El evento de sequía categorizado como “Extremadamente seco” sucedió en el año de 1985 con un valor SPI3 de -2.18 en el mes de septiembre. Se han presentado 8 eventos con la categoría de “severamente seco” para los años 1978, 1979, 1980, 1982 (2 ocasiones), 1998, 2004 y 2011, siendo más frecuente para el período antiguo (Figura 3).

En contraste con lo anterior, se registran 3 eventos de “Extrema humedad”, uno para el período antiguo en el año 1978 en el mes de noviembre, dos eventos para el período actual en los años 2002 y 2010 con un valor SPI3 de 2.17 y 2.41 respectivamente, siendo este último año uno de los más húmedos del período actual. Se presentan 15 eventos en categoría “Muy húmedo” con mayor

frecuencia en el período actual. El 90% de los eventos están en la categoría normal o aproximadamente normal (Figura 3).

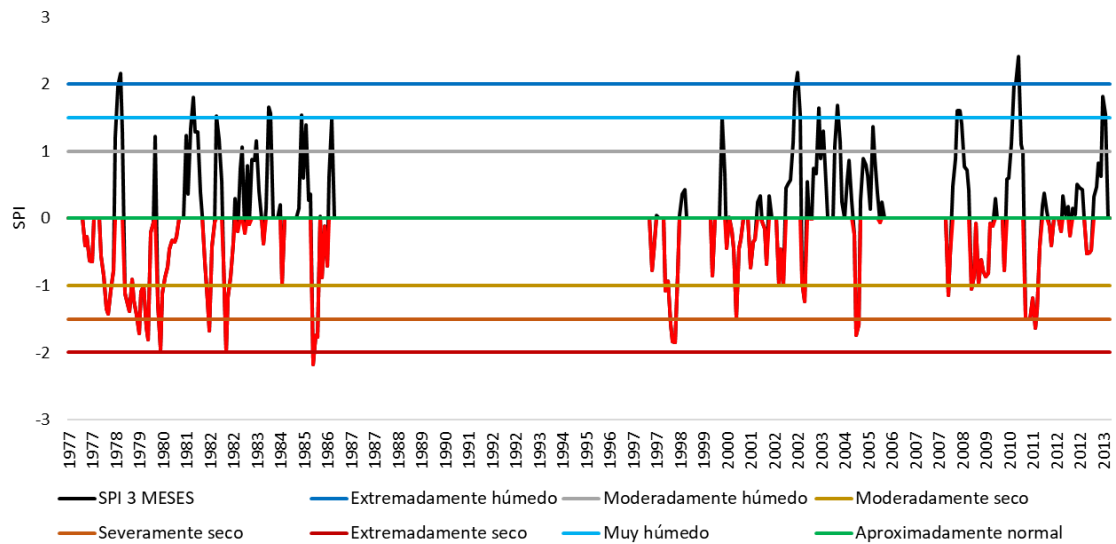


Figura 3. Índice Normalizado de Precipitación para la estación San Francisco La Carrera.

En base a la clasificación de Mckee et al. (1993) para la probabilidad de recurrencia de un evento de sequía, para la Microcuenca Los Álamos el 90% de los casos se encuentran en categoría de sequía leve con un valor promedio de -0.00123, con una probabilidad de 33 sucesos en un lapso de 100 años con una severidad de 1 en 3 años, esto nos indica que la zona cuenta con una baja probabilidad de sequías severas (Tabla 2).

Tabla 2. Probabilidad de recurrencia.

SPI	Categoría	Número de veces en 100 años	Severidad del evento
0 a -0.99	Sequía leve	33	1 en 3 años
-1.00 a -1.49	Sequía moderada	10	1 en 10 años
-1.5 a -1.99	Sequía severa	5	1 en 20 años
< -2.0	Sequía extrema	2.5	1 en 50 años

Mckee, et al., 1993.

1.3. Edafología

Los suelos que predominan en el municipio de Linares, N.L., son los Vertisoles (40.9%), Leptosol (28.5%), Regosol (9.9%), Calcisol (6.2%), Luvisol (0.1%), este último presente en el área de estudio (INEGI, 2013). Se trabajó con el Conjunto de Datos Vectorial Edafológico. Escala 1:250 000 Serie II Continuo Nacional Linares. Para la caracterización del tipo suelo, en la parte alta de la microcuenca es de tipo Leptosol, en la parte media Rendzina y en la parte baja se encuentran presentes las áreas de asentamientos humanos, áreas de uso común, agricultura y ganadería con tipo de suelo Luvisol con una textura fina y alto grado de pedregosidad. En este último se establecieron los sitios de muestreo (INEGI, 2006) (Figura 4 y Tabla 3).

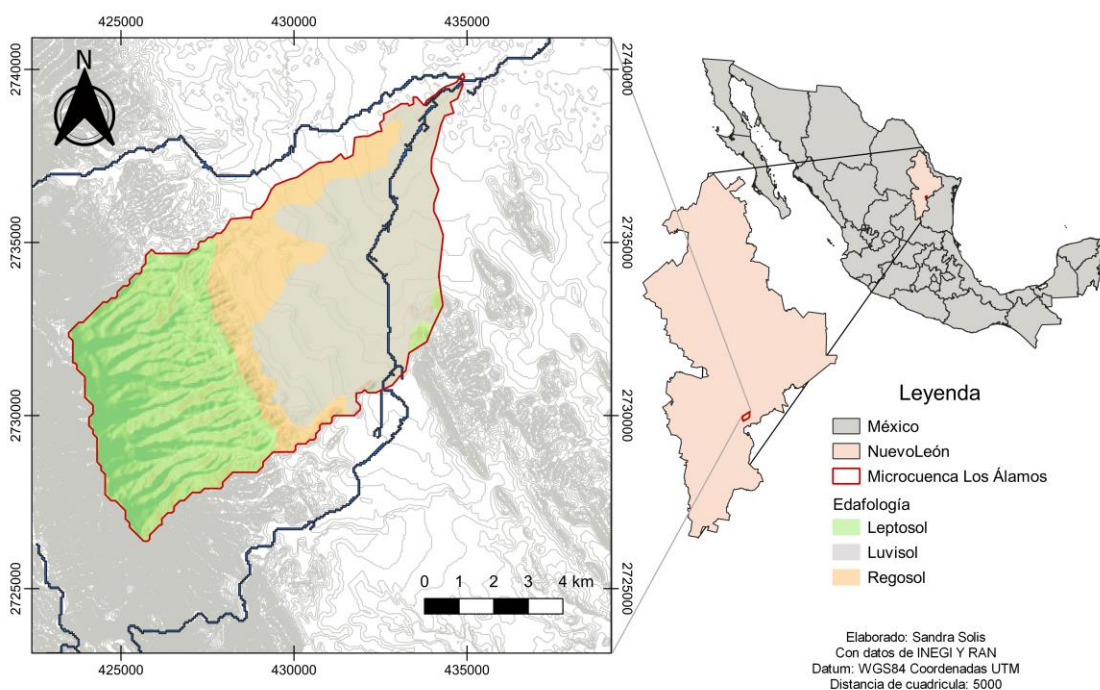


Figura 4. Clasificación edafológica de la microcuenca Los Álamos.

Tabla 3. Unidades edafológicas del área de estudio.

Tipo	Clave WRB	Descripción
Leptosol	LPskrz+LPeuli/2r	Leptosol Esquelético Rëndzico + Leptosol Èutrico-Lítico/textura media con pedregosidad superficial.
Leptosol	LPskrz+LPskli/2R	Leptosol Esquelético Rëndzico + Leptosol Esquelético-Lítico /textura media con pedregosidad a mayor de 25 cm.
Leptosol	LPskrz+PHcalep+PHsklep/2R	Leptosol Esquelético Rëndzico+ Phaeozem Calcarico-Leptico + Phaeozem Esquelético-Leptico/ textura media con pedregosidad a mayor de 25 cm.
Luvisol	LVcrsk+FLskca/2	Luvisol Crómico-Esquelético + Fluvisol Esquelético-Calcárico/textura media
Luvisol	LVcrsk+RGcalen/2	Luvisol Crómico-Esquelético + Regosol Calcárico-Endoléptico /textura media
Regosol	RGcalen+LVcrsk+LPsk/2	Regosol Calcárico-Endoléptico + Luvisol Crómico-Esquelético + Leptosol Esquelético/ textura media
Regosol	RGcalep+LPskrz+PHsklep/2r	Regosol Calcárico-Endoléptico + Leptosol Esquelético Rëndzico + Phaeozem Esquelético-Epiléptico/ textura media con pedregosidad superficial.
Regosol	RGsklep+PHsklep/2r	Regosol Esquelético- Epiléptico + Phaeozem Esquelético- Epiléptico/ textura media con pedregosidad superficial.

La conservación de los suelos atrae beneficios para la agricultura, el ambiente y la economía. Blanco y Lal (2010) citan a Uri (2000) y a Pimentel et al. (1995), en los cuales se ilustran los costos estimados de la erosión para su recuperación en la pérdida de nutrientes, limpieza de conductos de agua y la prevención de todo ello son bastante elevados y pueden rondar entre los 38,000 millones de dólares en los EE. UU. y 400,000 millones a nivel mundial anualmente.

Actualmente, el suelo se evalúa en base a los beneficios proporcionados para aumentar el rendimiento de cultivos, reducción de la contaminación del recurso hídrico principalmente (Blanco y Lal, 2010) (Tabla 4).

Por lo anterior, existe la necesidad de conocer las condiciones del suelo, esto permitirá identificar en qué etapa de deterioro se encuentra y hace posible la toma de decisiones para implementar prácticas que puedan revertir daños ocasionados por los cambios de uso de suelo y la recuperación de la productividad, además de su conservación.

Tabla 4. Multifuncionalidad de los suelos (Blanco y Lal, 2010).

Seguridad alimentaria, biodiversidad y urbanización	Calidad del agua	Proyección del cambio climático mundial	Producción de materias primas para biocombustibles
<ul style="list-style-type: none"> • Alimento • Fibras • Vivienda • Recreación • Infraestructura • Eliminación de residuos • Diversidad microbiana • Preservación de flora y fauna 	<ul style="list-style-type: none"> • Filtración de contaminantes • Purificación de agua • Retención de sedimentos y productos químicos • Amortiguación y transformación de productos químicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Absorción de CO₂ y CH₄ • Secuestro de Carbono (C) y la biota • Reducción de la nitrificación • Depósito y enterramiento de sedimentos enriquecidos con C 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivos para la bioenergía (ejemplo, pastos de estación cálida y cultivos leñosos de rotación corta) • Hierbas de la pradera

1.4. Fisiografía

El área de estudio colinda con la Sierra Madre Oriental y se encuentra en la **Provincia** Llanura Costera del Golfo Norte parte media-baja, mientras que la parte alta pertenece a Sierra Madre Oriental (INEGI, 2001a). **Subprovincia** Llanuras y Lomeríos y Gran Sierra Plegada (INEGI, 2001b). **Sistema de topoformas** Sierra Plegada parte alta, Lomerío con bajadas parte media-alta, Lomerío con Llanuras parte baja y una porción baja de Lomerío Típico en la zona donde se encuentra el ejido El Fresno (INEGI, 2001c) (Figura 5).

La ubicación del sitio colindante con la Sierra Madre Oriental (SMO) toma importancia ecológica siendo una de las zonas más importante para la conservación a nivel nacional, una de sus funciones más importantes es ser un corredor biológico para las porciones oriental norte y sur para la distribución de la vegetación bajo variadas condiciones climáticas.

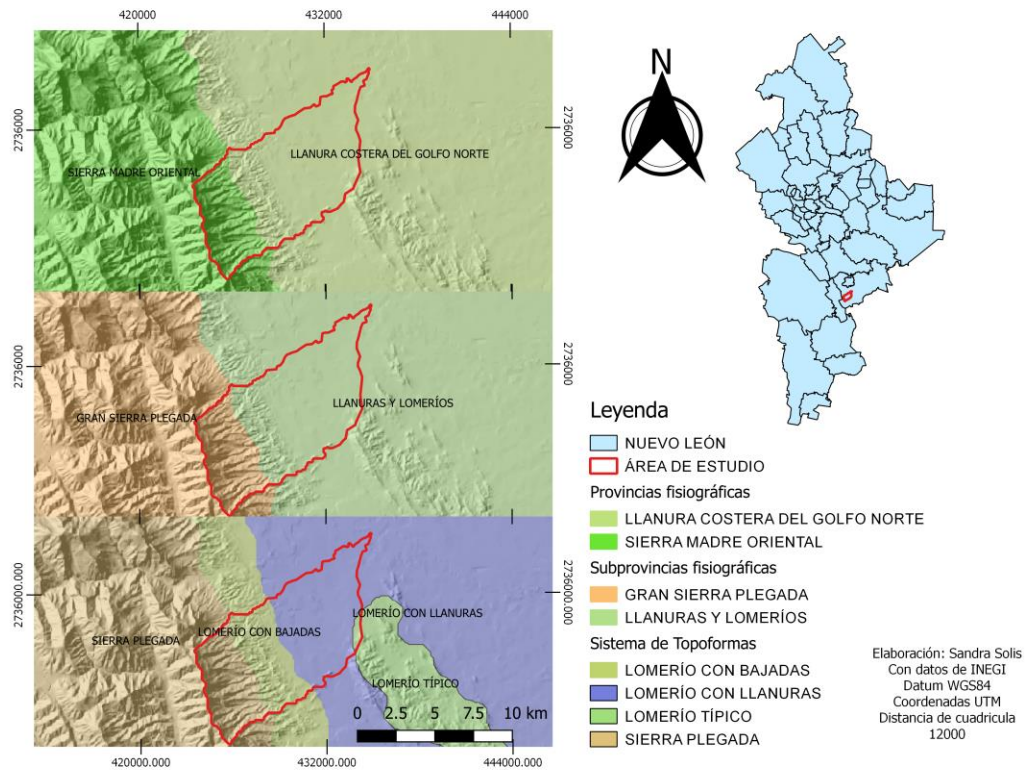


Figura 5. Fisiografía de la Microcuenca Los Álamos.

1.5. Hidrología

El cauce principal donde desembocan los escurrimientos es “Río Pablillo” de tipo perenne, específicamente situado dentro la subcuenca RH25De - Rio Limón y de la Cuenca RH25- San Fernando (INEGI, 2004) (Tabla 5, Figura 6).

Tabla 5. Caracterización de la microcuenca (SIATL, 2010).

Propiedad	Valor
Elevación máxima	1762 m
Elevación media	1120 m
Elevación mínima	479 m
Longitud	14353 m
Pendiente Media	8.94%
Tiempo de Concentración	76.90 (minutos)
Área Drenada	48.80 km ²
Coeficiente de escurrimiento	0.323

Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado para la microcuenca con diferentes coberturas. Los valores del coeficiente de escorrentía se tomaron del Manual de Conservación de Suelo y del Agua por la Universidad Autónoma de Chapingo (1977).

Pendiente: $S = \frac{H}{L}$ $S = \frac{1283}{14353} = 0.089$ $S = 8.94\%$

Calculo:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Donde:

C = coeficiente de escorrentía ponderado
C_n = coeficiente de escorrentía para el área A_i
A_T = área parcial i
n = número de áreas parciales

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3}{A_T}$$

Área total = 6,012 Ha

Área de bosque = 3,036.06 ha
C₁ = 0.25

Área de Matorral = 2,404.80 ha
C₂ = 0.35

Área de cultivos = 571.14 ha
C₃ = 0.60

$$x = \frac{(0.25)(3036.06) + (0.35)(2404.80) + (0.60)(571.14)}{6012}$$

$$C = 0.323$$

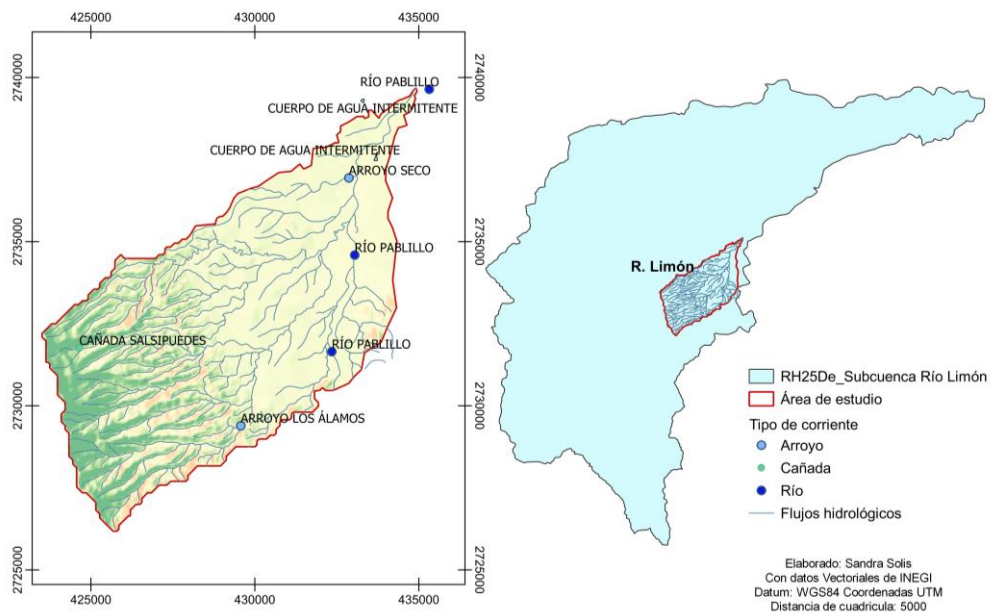
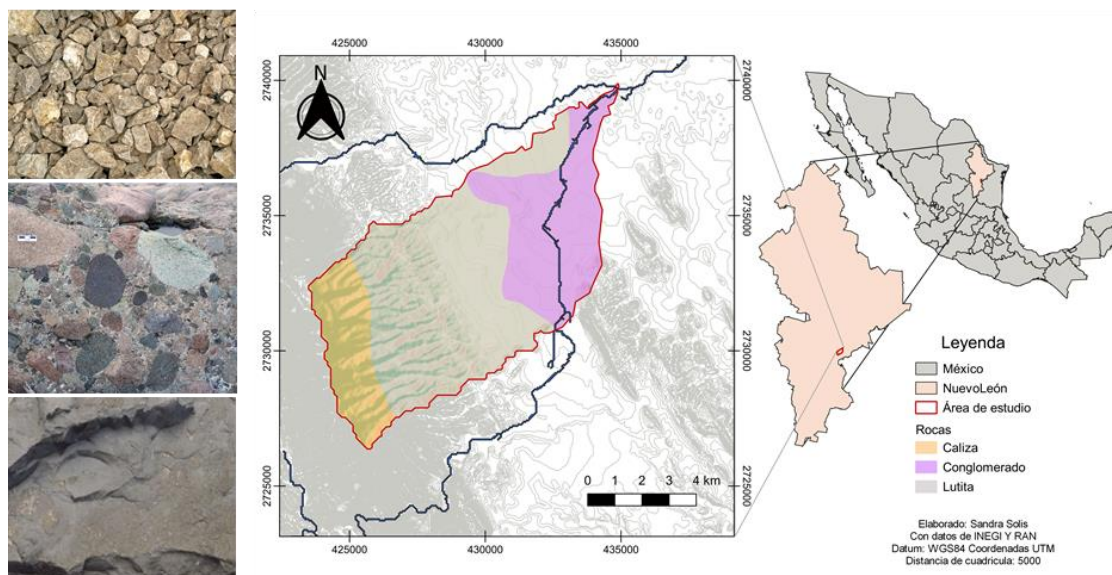


Figura 6. Localización Hidrológica y tipos de corrientes.

1.6. Geología

La región noreste se caracteriza por presentar materiales aflorantes dominados por sedimentos marinos no consolidados (arenas, arcillas y conglomerados) cuya edad va aumentando conforme a la distancia respecto a la costa (INEGI, 2009).

El área de estudio se constituye de tres unidades de rocas sedimentarias de dos clases texturales, la primera Detríticas (clásticas o terrígenas) se encuentran las unidades de Conglomerados (constituidos por gravas) y Lutita (se componen por minerales arcillosos) presente en la mayor parte de sitio, considerando que la mayor parte del terreno conforma una zona de sedimentación, en la parte serranía se encuentra la clase textural de origen químico con una unidad de roca Caliza compuesto principalmente de carbonato de calcio CaCO_3 (INEGI, 2002) (Figura 7).



1.7. Vegetación

Se utilizaron los datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000, Serie VI (INEGI, 2017). La vegetación presente en la microcuenca está dominada en la parte alta por bosque de pino-encino en una proporción del 37.24%, seguido por el matorral submontano con un 33.14% dividido en

vegetación primaria (28.21%) y vegetación secundaria arbustiva (4.92%), mientras que el 29.63% restante corresponde a actividades agrícolas-pecuaria-forestal (Figura 8).

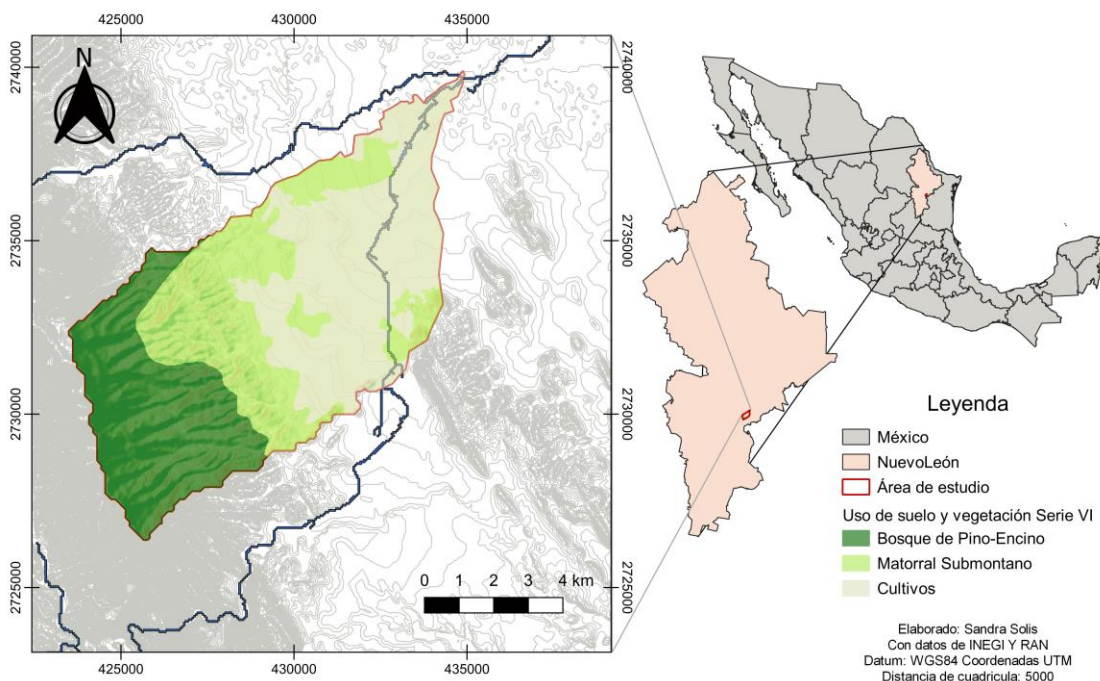


Figura 8. Uso de Suelo y Vegetación en la Microcuenca Los Álamos.

1.7.1. Bosque de Pino-Encino

Se distribuye en la parte más alta de la microcuenca, las especies presentes son *Pinus pseudostrobus* y *Pinus teocote*, en combinación con el género *Quercus*, incluyendo las especies *Quercus camby* y *Quercus polimorfa*.

1.7.2. Matorral Submontano

En la parte media-baja se encuentra para el bosque de galería algunos géneros de *Fraxinus* y *Populus*. En el matorral se encuentran presentes las especies de *Acacia rigidula*, *Acacia schaffneri*, *Acacia farnesiana*, *Diospyros palmeri*, *Dion edule*, *Parkinsonia aculeata* y *Prosopis laevigata*, por mencionar algunas. Así como también, *Vachellia rigidula*, *Diospyros texana*, *Caesalpinia mexicana*, *Zanthoxylum fagara*, *Lantana macropoda*, *Havardia pallens* y *Dioon edule* en estatus de peligro de extinción por la NOM 059 2010 (Figura 9).



Vachellia rigidula



Diospyros texana



Caesalpinia mexicana



Zanthoxylum fagara



Lantana macropoda



Havardia pallens



Dasylirion berlandieri



Dioon edule
(P-NOM 059 2010)



Pinus teocote

Figura 9. Vegetación en la microcuenca.

1.8. Fauna

Por conversaciones con los pobladores se reportan las siguientes especies de fauna presentes en la microcuenca: Oso negro – *Ursus americanus*, con un estatus de conservación en Peligro de extinción, Coyote – *Canis latrans*, Puma – *Felis concolor* en estado de conservación de Protección especial, Jaguar – *Pantheras onca* en estado de conservación de Protección especial, Zorrillo – *Spilogale putorius*, Venado – *Odocoileus virginianus texaanus*, Jabalí – *Tayassu tajasu*, Liebre – *Lepus californicus*, Zopilote – *Cathartes aura* y Cascabel de cola negra – *Crotalus molussus molussus*. Algunos carnívoros mayores han causado afectaciones por depredación en el ganado.

1.9. Vías de comunicación

Partiendo de la Cabecera municipal de Linares, N.L., la microcuenca se encuentra a un tiempo aproximado de 40 min y a una distancia aproximada de 29 kilómetros, se toma la carretera Linares – Matehuala, México 58 durante 12 kilómetros, tomar por la desviación de la izquierda hacia carretera Bachimba-Caja Pinta NL 71, continuar durante 14.8 kilómetros aproximadamente, se ingresa a la microcuenca específicamente en la comunidad Caja Pinta, se toma el camino ejidal que conecta con la comunidad, al término de la carretera principia el camino de terracería para acceder a los ejidos adjuntos, se toman caminos con pendientes abruptas y pedregosos, en tiempos de lluvias fuertes no se tiene acceso a esta zona, existen dos puentes colgantes para conectar las comunidades, aunque uno de ellos se encuentra deshabilitado por falta de mantenimiento, también hay dos puentes para cruzar el río, uno para la comunidad del Fresno y otro para la comunidad de San Francisco (Figura 10).

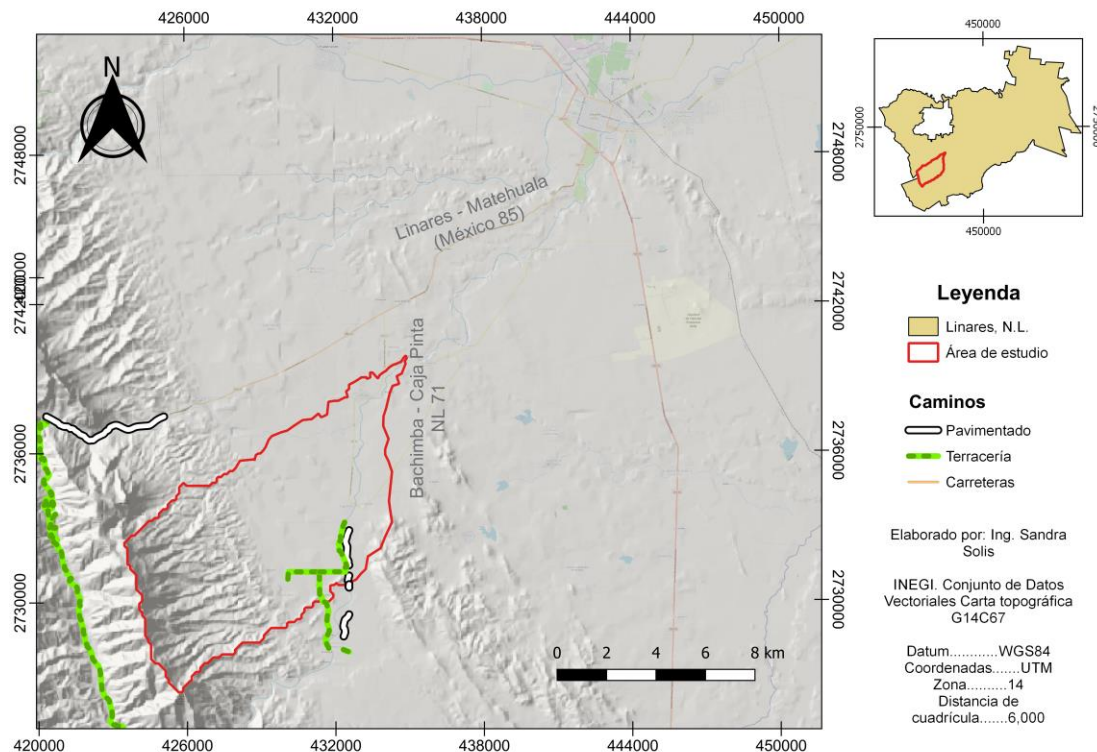


Figura 10. Vías de acceso al área de estudio.

2. Marco social

2.1. Historia

En base a la información de las entrevistas con los ejidatarios (Figura 11) y con datos de la RAN – PHINA, la asignación de los ejidos se dio en los años 50's y la ampliación en los años 90's (RAN, 2017). Durante ese periodo, hubo varios sucesos que marcaron el futuro de la conservación de la microcuenca, a principios del año de 1973 se inició la extracción desmedida de material vegetal del bosque, durante el funcionamiento de dos aserraderos en el bosque a cargo de Álvaro González, titular del permiso de aprovechamiento forestal. El material fue utilizado para la elaboración de durmientes para vías férreas. Los árboles en pie reportaban diámetros mayores a 1 metro y alturas por encima de los 30 metros, crearon trabajos temporales, aunque no siempre redituables para los jornales, el último corte se dio hace aproximadamente 40 años.

Durante ese periodo, bajo el mandato del Lic. Luis Echeverría Álvarez, con su lema “Que solo los Caminos Queden sin Sembrarse” en año de 1975 se aplicaron

desmontes para convertir las zonas forestales en pastizales y generar mayor cantidad de tierras productivas.

Por otra parte, mencionan la ocurrencia de un evento de incendio hace 9 años aproximadamente en el área de bosque de pino-encino, acudió la atención de Protección Civil y hubo participación de los ejidatarios, al cabo de varios días lograron cortar el fuego en el filo de una loma que divide la microcuenca.



Figura 11. Fotografías de la toma de entrevistas.

2.2. Población

En la microcuenca hay una población total de 502 habitantes de los cuales 113 son menores de 0-14 años, 249 de 15-64 años, 100 adultos mayores de 65 años (productores) (SIATL, 2010), los cuales se distribuyen en los ejidos Los Álamos, El Fresno, la comunidad de Caja Pinta, principalmente, y la comunidad de Los Álamos el mosquito y San Juanito La Carrera, en este último solo habita una familia (Figura 12). Cabe mencionar que muchos de los habitantes han migrado a la ciudad para la búsqueda de empleos, incluso muchos de ellos habitan fuera de la microcuenca y regresan los fines de semana o realizan visitas de manera esporádica.

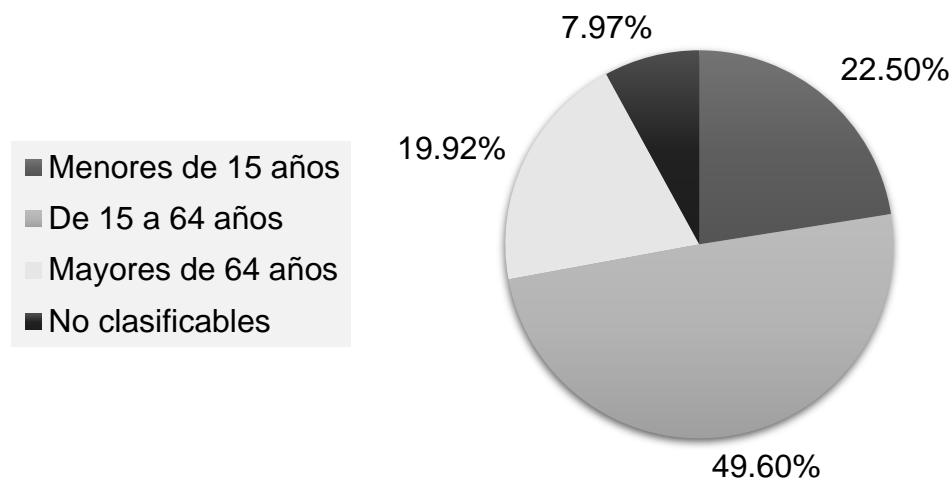


Figura 12. Distribución por edades del total de población de la microcuenca.

2.3. Vivienda

El total de viviendas en el área son 257 de las cuales 140 son viviendas particulares habitadas, 33 viviendas particulares deshabitadas y 84 no clasificadas por criterio de confidencialidad (SIATL, 2010). La mayor parte de las viviendas están construidas en block y cemento, cuentan con piso de cemento, los techos son contruidos principalmente de cemento o lámina, algunas personas tienen además construcciones en madera y palmito en techos. Hay construcciones abandonadas principalmente de adobe y lámina (Figura 13).

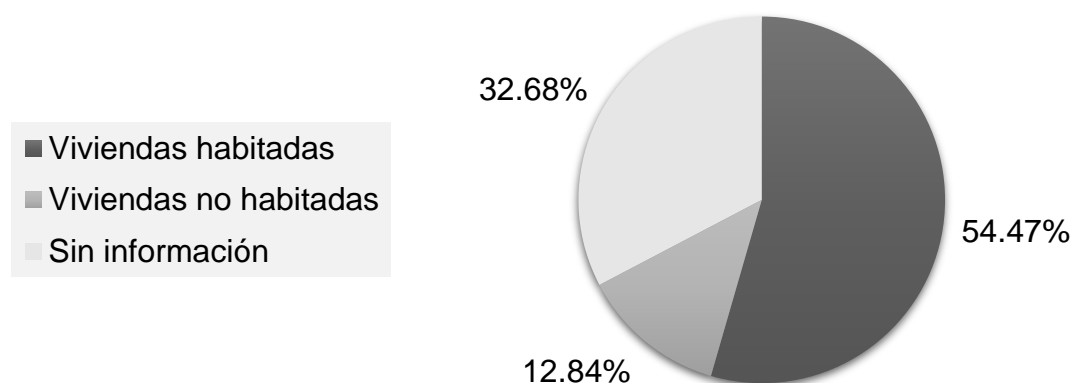


Figura 13. Distribución de las viviendas y la utilización en la microcuenca.

2.4. Servicios

Los pobladores se comunican a través de celular principalmente. La mayor parte de la población cuenta con energía eléctrica, cocinan en un 50% aproximadamente con gas, no hay servicio de recolección de basura, el camión únicamente tiene acceso hasta las inmediaciones de la comunidad de Caja Pinta, el resto de los pobladores la quema. No hay servicio de drenaje público, hay letrinas de madera de manera convencional y baños de escusado. El suministro de agua es de pozo extraída por una bomba. Dicho pozo tiene una profundidad de 80 metros aprox., y la calidad del agua es buena. Existen análisis de calidad de agua realizados de manera particular por los ejidatarios, algunos cuentan con servicio de agua potable. En base con el Dictamen de la revisión de la Cuenta Pública 2017, se reportó un gasto de \$345,123 para la “Ampliación de red de agua potable en el Ejido Los Álamos” y \$1,876,474 para la Electrificación en algunos ejidos del municipio entre ellos Los Álamos. También, se reporta un gasto de \$1,437,295 para la “Construcción de red de agua potable” en algunos ejidos del municipio entre ellos el Ejido Caja Pinta.

2.5. Educación

Escuela Rural Federal Amado Nervo, turno matutino en el Ejido los Álamos, y ofrece el servicio de Primaria General (Figura 14), bajo sostenimiento público, en el Ejido El Fresno, la primaria general Venustiano Carranza de sostenimiento público y en la Congregación Caja Pinta la escuela Lic. Benito Juárez, turno matutino, ofrece el servicio de Primaria General, bajo sostenimiento público. El porcentaje de población en Los Álamos de 15 años o más que son analfabetas son 10.26% y 56.41% tienen primaria incompleta, para El Fresno 3.33% y 33.53%, respectivamente (SEDESOL, 2013).



Figura 14. Escuela Primaria Lic. Benito Juárez, Congregación Caja Pinta.

2.6. Salud

El total de la población cuenta con servicio médico Seguro Popular y en menos proporción con IMSS, el centro de salud más cercano está en Congregación Caja Pinta es atendido por un médico cada 15 días, acompañado de brigadas de salud cada cierto tiempo. La problemática principal surge cuando existe una emergencia y tener que trasladarse a la ciudad para recibir atención en el Hospital General Linares SSNL, localizado a 30 kilómetros de distancia aproximadamente.

Existe una instalación que fue donada hace algunas décadas por uno de los ejidatarios de Los Álamos para que se estableciera una clínica, pero por falta de atención del ayuntamiento actualmente se encuentra abandonada.

2.7. Organización

Los pobladores se encuentran en desacuerdo principalmente por las actividades que realizan, hay una división entre el uso de las tierras, mientras unos se dedican principalmente a la agricultura otros exclusivamente a la ganadería estabulada o de agostadero, existe un rechazo al trabajo en equipo y la implementación de proyectos comunitarios de reforestación para evitar salir perjudicados con la exclusión del uso de las tierras de uso común o el bosque. Los ejidatarios desempeñan sus actividades productivas de manera individual con la dotación de parcelas y algunos en las tierras de uso común. Existe un comisariado ejidal encargado de la representación del ejido y quien organiza las reuniones ejidales para la toma de decisiones.

2.8. Marco económico

La economía de la población se basa principalmente de remesas del extranjero, lo que provoca el abandono de los sistemas productivos en los ejidos, reciben pocos apoyos de gobierno como lo son 68 y más y Bienestar, este último limitado a los cultivos de maíz, frijol y cítricos, programa que se está asignando de manera directa al campesino para evitar desvíos, sin embargo, no hay la suficiente información o medios para acceder a ellos. Los cultivos que cosechan principalmente se utilizan para alimento del ganado, obtienen ingresos de la

venta de ganado en poca cantidad (1-2 individuos al año), la venta de cabritos genera ingresos que rondan entre los \$500 - \$800, becerros de menos de 200 kg a un precio de \$ 62 por kg y un estimado de \$8,000 por individuo. Una porción pequeña realiza la venta de leña y los precios están en \$140 el ciento aprox. Por otra parte, obtienen ingresos realizando otras actividades fuera del ejido principalmente en la construcción y en la industria.

2.9. Tenencia de la tierra

De los ejidos que se incluyen en la microcuenca sólo ocupan una porción del área de estudio con 334 ha El Fresno, Ampliación El Fresno 186 ha, Caja Pinta 110 ha y Los Álamos 1,109 ha, dando un total de 1,739 ha lo que representa el 26.15% del total de la Microcuenca. En el resto de la microcuenca se encuentran pequeñas localidades como Caja Pinta, La Carrera, La Jabonera (Juan José Sánchez), La Joya, La Parrita, Los Laureles, San José, San Juanito y San Juanito (La Carrera); de dichas localidades Sólo Caja Pinta se encuentra mayormente habitada con un total de 96 viviendas haciendo uso de la parte baja para actividades de agricultura (Figura 15).

Los datos del Sistema de Información Geoespacial de la RAN difieren de los reales, puesto que la distribución de las actividades de cambio de uso de suelo se ha distribuido sin restricción fuera de los límites del Núcleo Agrario, provocando desmontes en el área de Matorral.

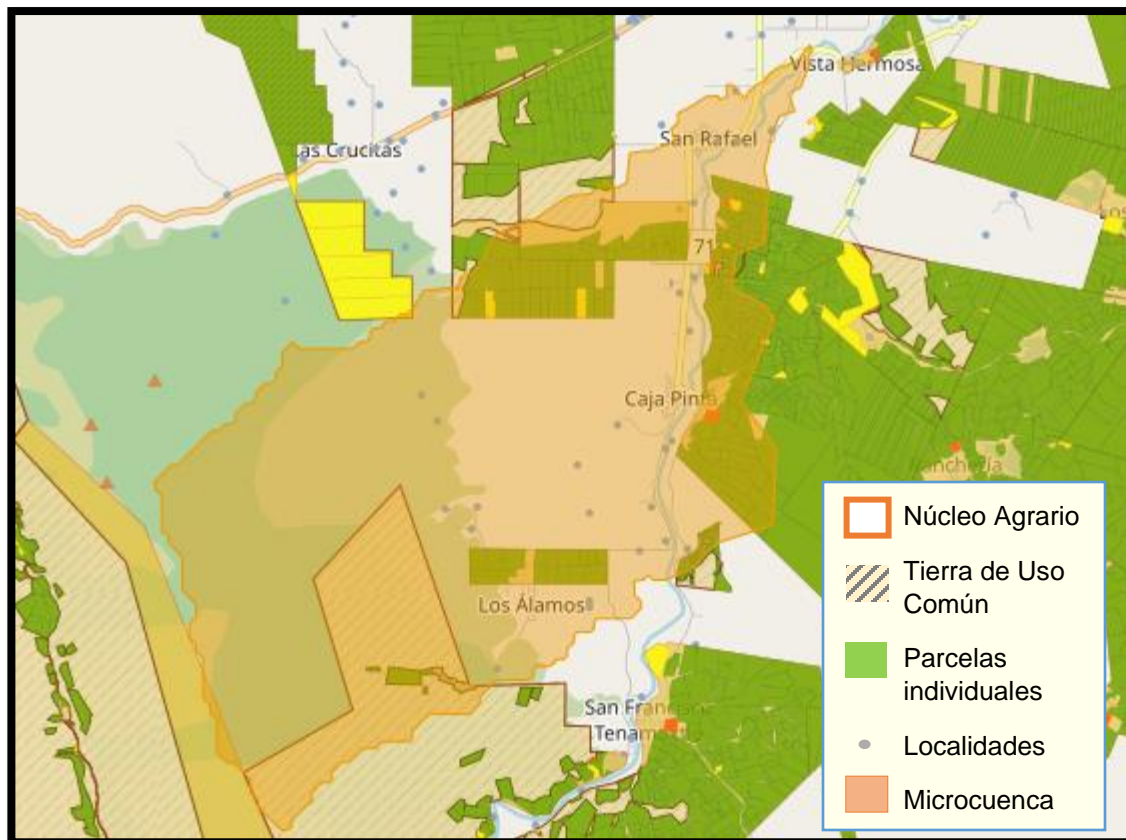


Figura 15. Distribución de los ejidos, parcelas y áreas de uso común en la microcuenca.

El número total de ejidatarios es incierto en base a las cifras que reporta el RAN. Para el Ejido Los Álamos, sólo un pequeño porcentaje se encuentra actualmente activo, alrededor de 5 ejidatarios sucesores son los que viven y trabajan la tierra, el resto han fallecido, la familia abandonó el ejido o se encuentran realizando otras actividades fuera de la microcuenca, sin embargo, no se han dado de baja en el registro. En el caso del ejido El Fresno, el número de ejidatarios es de 66 aproximadamente, la zona de Ampliación dentro de la microcuenca con un número aproximado de 5 ejidatarios. Para el ejido de Caja Pinta el total de Ejidatarios es de 40 en el Registro.

La mayor parte de las tierras de uso común han sido cercadas y vendidas a personas ajenas al ejido, tierras que no cuentan con ninguna documentación legal que los respalde, dicha actividad mantiene a los ejidatarios activos en descontento.

2.10. Subsidios y Apoyos

A partir del año 2019, los apoyos del campo se vieron afectados en gran medida. Actualmente cuentan con apoyos de Bienestar con un apoyo económico de \$1,275 pesos mensuales entregados de forma bimestral para adultos mayores de 68 años (Secretaría de Bienestar 2020). Tienen algunos apoyos por parte de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGAR) mediante el “Programa Producción para el Bienestar”, durante los periodos de otoño del 2019 al verano 2020 fueron beneficiados alrededor de 17 productores de los ejidos Los Álamos, El Fresno y Caja Pinta; el monto obtenido fue de \$1,600/ha para cultivo de maíz de temporal.

2.11. Sistemas de producción

2.11.1. Agrícola

La agricultura va dirigida principalmente a cultivos de Maíz y Nogal de manera industrializada, de riego en su mayoría, aunque algunos productores lo siguen haciendo de manera tradicional. Se siembra dos veces al año; entre otros cultivos se encuentran la calabaza en poca proporción. Uno de los entrevistados se encuentra en pruebas de cultivo para venta de ajo y chile piquín, así como la asociación de frijol y maíz. Utilizan entre 2 y 10 ha para la agricultura, las cosechas de maíz reportan cantidades entre los 400 y 500 kg/ha en grano y en elote ronda en los 800 kg/ha. La cosecha resultante se utiliza principalmente para el autoconsumo y alimento del ganado o animales de corral.

La renta de la maquinaria tiene un costo aproximado de \$1,000 para rastra y \$2,000 para el arado por hectárea; aproximadamente un 30% cuenta con maquinaria propia o de la comunidad y reportan un gasto de diésel de 20 litros/ha para barbecho y 11 litros/ha para rastra aproximadamente. Se implementa fertilizante químico subsidiado por programas gubernamentales. El cultivo más importante económicamente hablando es el nogal, la mayor parte de la población en los Ejidos de El Fresno y Caja Pinta se dedican a la producción de plantas de nogal para venta; el tiempo de producción para la venta es de 3 años, tiempo que se divide en el 1er año para establecimiento y crecimiento, en el 2do año se

realiza el injerto y monitoreo, a partir del tercer año y alcanzando las medidas para el mercado se procede a la comercialización. Los individuos (plantas) a una medida de $\frac{3}{4}$ a 1 pulgada y una altura de 1 a 1.5 m alcanzan un precio entre los \$80 a \$150 por individuo. Para individuos de 2 $\frac{1}{2}$ pulgada el precio es de \$600 a \$700 aproximadamente.

Las principales plagas en los cultivos son el gusano cogollero, la chinche en calabaza. En el nogal son la gallina ciega, pulgón, mosca blanca y grillo como consumidor de hojas. Uno de plaguicidas que utiliza es Picus (malatión), el deshierbe se realiza a mano en época de lluvias o con herbicida. Han presentado problemas mínimos con la fauna silvestre, principalmente con la especie *Taxidea taxus* (Tejón) y *Didelphis virginiana* (Tlacuache), *Tayassu tajacu* (Jabalí) y *Urocyon cinereoargenteus* (Zorro gris).

2.11.2. Pecuario

Se reportaron 117 cabezas de ganado vacuno; 90 son vacas, 3 vaquillas, 20 becerros y 4 sementales; 20 de ganado caprino y 40 de ganado ovino. Los dos primeros se encuentran en agostadero y corral, mientras que el ganado ovino sólo en corral, las razas de ganado vacuno en su mayoría son criollas y algunas suizas o angus. La mayor parte del ganado se destina para la cría de becerros, el uso de la leche no es muy usual y/o suficiente para el consumo o venta. En algunos casos practican la ordeña y se obtiene de 10 a 12 litros de leche, la cual se utiliza para consumo directo o elaboración de queso. El ganado se alimenta principalmente de cultivos como el maíz, sorgo, o pasto pretoria, generados por los mismos productores y en agostadero incrementan su peso cuando es temporada de bellota. El ganado caprino se destina para la cría, se realiza la ordeña y solo cuando hay excedente en leche se realizan quesos. El ganado ovino se destina a la producción de carne para la venta. Se practica la desparasitación y vacunación del ganado, así como el baño antigarrapatas. Hace 8 meses tuvieron un problema de rabia o “vacas locas” como coloquialmente se le conoce, y la mancha negra.

Reportan pérdidas por ataque de fauna silvestre por oso. En el ganado caprino, se reporta una pérdida de 12 individuos; las crías han tenido ataque por zorra, otro animal silvestre reportado es el jaguar en el área de bosque.

Otra práctica muy común es la cría de aves de corral o animales domésticos como cerdos y en algunos casos guajolotes. Se reporta un promedio de 14 a 50 gallinas, gallos y pollitos por hogar en patio. El producto generado es para consumo propio tanto huevo como la carne. Algunos pobladores fueron beneficiados años anteriores obteniendo una dotación de gallinas con infraestructura (gallinero) y alimento, pero el programa se abandonó por falta de asesoría técnica; la mayor parte de las gallinas murieron por enfermedades, los beneficiados solo conservan de 3 a 6 individuos de dicho programa.

2.11.3. Forestal

La actividad de extracción de madera del bosque se abandonó hace 40 años, actualmente sólo se extrae material para leña o estantes en poca medida este último, las especies más aprovechadas son encino, tenaza, huizache y barreta en menor proporción (Figura 16).

En los años 80's se llevaba a cabo la elaboración de carbón vegetal, pero se abandonó la práctica por afectaciones a la salud y el trabajo que implica, además de no contar con los permisos correspondientes para dicha actividad. Otra de las prácticas de extracción que se han abandonado son los aprovechamientos de madera de pino para la elaboración de herramientas, sillas, puertas, mesas y manceras para los arados.

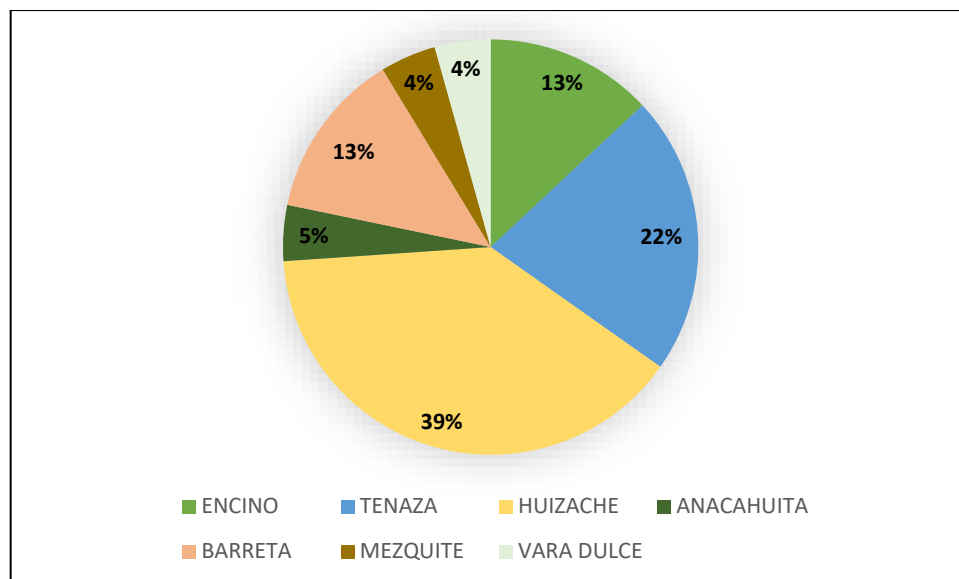


Figura 16. Especies forestales con aprovechamiento vigente.

2.11.3.1. Recursos Forestales no maderables

En décadas pasadas se producía aguamiel, mezcal y quiote, pero se abandonó la actividad cuando inició la escasez del recurso. Actualmente, se aprovecha la tierra de monte y plantas medicinales como son: sasafrás, betónica, hierbanis, laurel chino, laurel liso, bisbirinda, poleo, hierbabuena y salvia. Algunos pobladores practican la colecta de chile piquín, la mayoría para autoconsumo.

2.12. Usos del suelo

La cuenca se encuentra dividida principalmente en tres usos del suelo con el 50.5% el Bosque de Pino – Encino, el 35.3% para matorral submontano y el 6.9% de agricultura. El sector pecuario en corral no figura más que en 1.6%, sin embargo, la mayor parte del matorral y la parte baja del bosque figuran como agostadero para el ganado vacuno, caprino y ovino.

2.12.1. Zonificación

Se elaboró la zonificación con el uso de imágenes satelitales de Google Earth (Figura 17 y Tabla 6).

Tabla 6. Distribución de los usos del suelo en la Microcuenca Los Álamos.

Uso de Suelo	% de Ocupación
Bosque de Pino – Encino	50.5
Matorral submontano	35.3
Agricultura	10.4
Asentamientos humanos	2.0
Pecuario	1.6
Sin vegetación	0.2

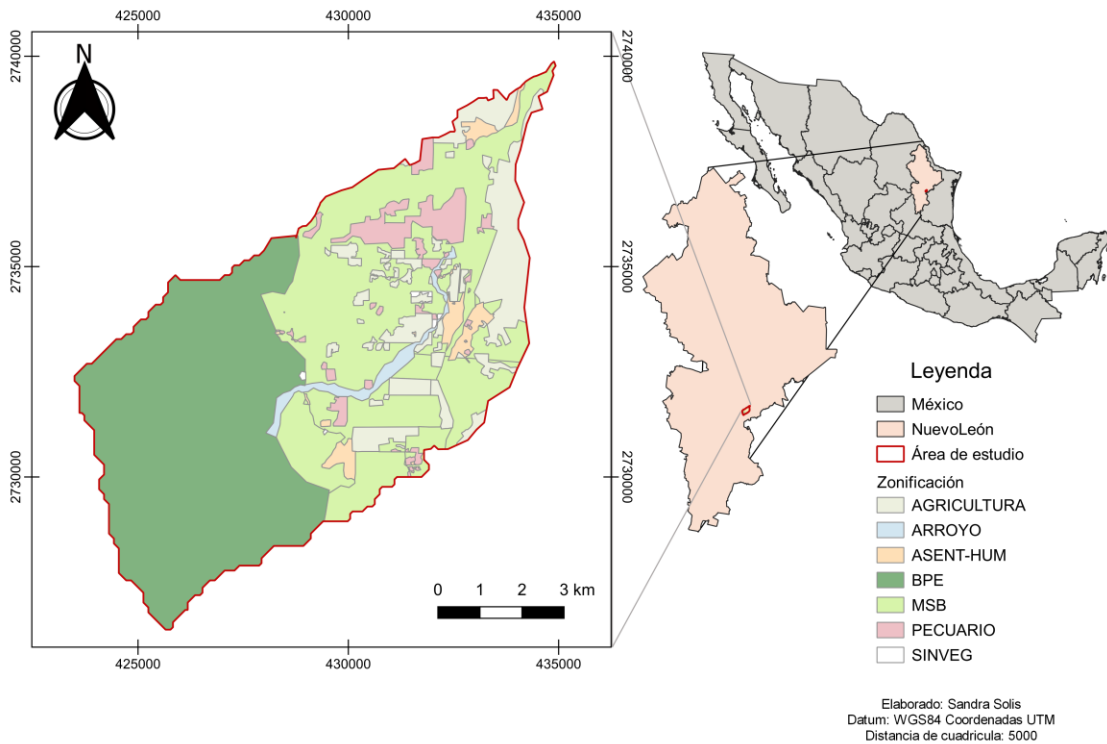


Figura 17. Zonificación de la microcuenca Los Álamos.

3. Síntesis

El sector social toma el primer lugar para cualquier estudio ambiental, siendo este sector clave para la manipulación de la estructura y composición de una región, siendo los administradores de los recursos disponibles. Por otra parte, es fundamental conocer las necesidades socioeconómicas de las comunidades para encaminar las prácticas de manejo a la solución de estas.

Los productores se encuentran distribuidos fuera de los límites de los Ejidos en la microcuenca. Se realiza uso deficiente del área de uso común principalmente por la práctica de ganadería en agostadero y la venta de tierras a personas externas al ejido, lo que reduce la rentabilidad de las tierras productivas.

El cultivo más comercializado y con el que tienen mayor control en rendimientos y comercialización, además de contar con una línea de mercado ya establecida es el nogal pecanero, mientras que el cultivo de maíz pareciera haber quedado en rezago a través de los años. No se tiene certeza de la cantidad de cosecha, todo lo que se produce se destina al autoconsumo o forraje.

El recurso hídrico ha disminuido evidenciándose en las corrientes intermitentes, este fenómeno. Se puede ver influenciado por la pérdida de cobertura vegetal en las partes altas de la microcuenca y la frecuencia de lluvias en la región en los últimos años; la zona se cataloga en un grado de sequía leve por lo que es importante implementar acciones que permitan mantener la humedad del suelo y evitar pérdidas aceleradas por la evaporación directa.

Es necesario el monitoreo preciso del consumo de agua en la comunidad para el cálculo de pérdidas en la red de distribución, adicionando los datos de calidad de agua. Estos últimos fueron generados a partir de análisis de manera particular, para este estudio no se tuvo acceso a esos registros, pero su disponibilidad podría ser parte fundamental para la toma de decisiones sobre el manejo de la cuenca.

La práctica de la ganadería en agostadero está afectando a gran escala la recuperación de la cubierta vegetal, del bosque principalmente, por el consumo de la regeneración natural y la compactación del suelo, además de disminuir la posibilidad de practicar el aprovechamiento forestal maderable y no maderable de manera sustentable.

Los productores visualizan la importancia que tienen los recursos agua, suelo y vegetación para la vida. Esto facilita la posibilidad de implementar campañas de educación ambiental acompañado de talleres interactivos con el fin de poner en práctica la retroalimentación entre casos de éxito en prácticas amigables con el ambiente e impulsoras de la productividad.

Existe un gran interés por recuperar la productividad del pasado por lo que la adopción de sistemas más productivos y rentables mediante la práctica de agricultura orgánica promete tener éxito, sin embargo, esto deberá estar acompañado de asesoría y seguimiento técnico a largo plazo.

II CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL SUELO LUVISOL

1. Selección del sitio

Se seleccionaron 4 sitios con diferentes usos del suelo de tipo Luvisol: Matorral (testigo), Agricultura, Pastas y Plantación (Figura 18). Se colectaron 4 muestras compuestas, consiste en una muestra de 1-2 kg conformada por 4 submuestras por sitio a dos profundidades 0-10 cm y 10-30 cm, siendo un total de 32 muestras por sitio. Se evaluaron las propiedades físicas y químicas de las muestras extraídas para las variables Textura, Porosidad (Po), pH, Conductividad Eléctrica (CE), Materia Orgánica (MO) y Color. Las mediciones para las variables Densidad Aparente (DA) y Conductividad Hidráulica (CH) se efectuaron con la ayuda de cilindros (diferentes para cada variable); la DA se realizó a las dos profundidades, mientras que Conductividad Hidráulica de manera superficial (Tabla 7).



Figura 18. Usos del suelo Luvisol en el sitio de estudio.

2. Características del suelo

Las muestras de suelo colectadas se procesaron en el Laboratorio de suelos y nutrición de bosques de la Facultad de Ciencias Forestales, UANL, se realizó la caracterización siguiendo la metodología establecida en el “Manual de análisis de suelos” y la NOM-021-RECNAT-2000 (Semarnat, 2002) (Tabla 7).

Tabla 7. Caracterización físico-química del suelo.

Método	Fuente
Densidad aparente (DA)	Se determinó por el método gravimétrico de muestras no alteradas denominado método del cilindro (Woerner, 1989).
pH	Se determinó mediante el método AS-18 NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002), el cual se basa en una medición con potenciómetro en una relación suelo: solución de 1:2 con cloruro de calcio 0.01 M.
Conductividad Eléctrica (CE)	Se determinó mediante la medición con un conductivímetro en la determinación rápida en suspensión suelo-agua 1:5 (Woerner, 1989).
Materia Orgánica (MO) y Carbono Orgánico	Se determinó por el método de combustión húmeda y titulación por el método Walkley/Black modificado (Woerner, 1989).
Textura (análisis granulométrico)	Las fracciones del suelo (% de arena, % de limo y % de arcilla) se determinaron por medio del densímetro de Bouyoucos, mediante el método AS-09 de la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002).
Color	Determinado por el uso de la Tabla de Munsell, basada en tres parámetros, Matiz (Hue), Valor o brillo (Value) y Pureza (Chroma), método AS-22 NOM-021 RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002).
Porosidad total	Se estimó con los datos de densidad aparente, asumiendo una densidad de partícula de 2.65 g/cm ³ (Zhang et al., 2013).
Conductividad Hidráulica	Se determinó mediante el procedimiento de “Método de análisis de la Permeabilidad de suelo especificado por el JIS” (Das, 2002).

La calidad física del suelo se asocia con el uso eficiente de agua, nutrientes y pesticidas, esto reduce los gases generadores del efecto invernadero (Navarro, et al., 2008). Mantener esta condición a pesar de la labranza permite una buena producción. Las propiedades químicas se relacionan con la calidad y disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas (Bautista et al., 2004). La

valoración de estas propiedades en un período y lugar específico es un buen elemento para la construcción de indicadores de calidad del suelo (Calderón et al., 2018).

Densidad Aparente (DA). Está definida como la relación que existe entre la masa y el volumen del suelo considerando el espacio poroso existente. Indica el nivel de compactación, la porosidad y disponibilidad de agua y oxígeno (Ramírez, 1997).

Para estimar la DA se usó el método gravimétrico con muestras no alteradas o método de cilindro (Woerner, 1989). Consiste en la extracción de una muestra de suelo por medio de un cilindro de metal con medidas 5 cm de diámetro x 5 cm de altura; la muestra debe conservarse durante su manipulación, se almacena en una bolsa de papel, se llevan a secado a una temperatura de 105°C durante 48 horas, pasado ese tiempo se determina el peso seco del suelo y se estima la DA mediante la siguiente formula:

$$DA = \frac{\text{Peso del suelo seco} - \text{Peso de la bolsa}}{\text{Volumen de cilindro (cm}^3\text{)}}$$

Porosidad Total. Se determina en gran medida en los procesos de infiltración, escurrimiento y almacenamiento de agua; esto influye en el transporte de agua y la erosión hídrica (Horowitz & Walling, 2011).

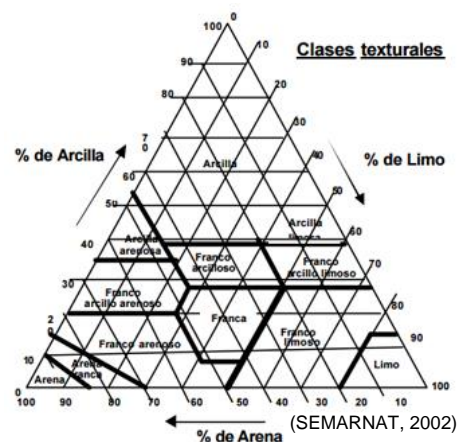
La porosidad (%) se estimó a partir de los valores de densidad aparente, asumiendo una densidad de partícula de 2.65 g/cm³ (McPhee et al., 2015).

$$\%Po = \left(1 - \frac{\text{Densidad aparente (DA)}}{\text{Densidad de partículas}}\right) 100$$

Textura o composición granulométrica. Es la proporción porcentual de Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar) en la fracción mineral de la tierra fina (Porta et al., 2011). La distribución del tamaño de partícula representa la característica con más estabilidad en relación con la actividad física y química del suelo (Rodríguez y Rodríguez, 2002). La determinación de textura se realizó mediante el método

Se colocó una muestra (60 g) de suelo fino en un vaso de precipitado, se agrega peróxido de hidrógeno (30% p/v) en porciones para la eliminación del contenido de materia orgánica, se lleva a secado, se pesan 50 g de esta muestra y se adiciona una superficie de agua cubriendo el material sobrepasando 2 cm. Posteriormente, se agregan 5 mL de oxalato de sodio, 5 mL de metasilicato de sodio, 5mL de hexametáfosfato de sodio, se deja reposar durante 15 minutos, se someten a agitación y se colocan en probetas agregando agua destilada para obtener un volumen de 1.0 L. Se toman lecturas con el hidrómetro de Bouyoucos después de agitar la muestra (40 s), se deja reposar y al término de 2 h, se toma la segunda lectura. Se aplica una corrección agregando 0.36 por grado encima de 19.5°C. La cantidad de A, L y Ar se determinan por las siguientes fórmulas:

Dónde: lectura 1= lectura a los 40 s \pm temperatura corregida;
lectura 2 = lectura a las 2 h \pm temperatura corregida;
2* = utilizando 50 gramos de suelo (el hidrómetro esta calibrado en porcentajes considerando 100 g de suelo).



con el mismo índice de respiración se puede considerar sano. El color oscuro representa contenido de materia orgánica (USDA, 1999).

Se utilizó un código de colores mediante las tablas de color estándar de Munsell 1975; esto evita imprecisiones para su descripción además de su evaluación de manera científica y objetiva (Porta et al., 2011).

La reacción del suelo (pH) es indicador de múltiples propiedades químicas, físicas y biológicas que influyen fuertemente en su fertilidad (Castellanos et al., 2000). Es una de las mediciones más comunes e importantes en los análisis rutinarios del suelo, pues ésta controla reacciones químicas y biológicas en el suelo (SEMARNAT, 2002).

La Conductividad Eléctrica (CE) es la habilidad de una solución acuosa para transportar corriente eléctrica, ha sido el parámetro más extendido y el más ampliamente utilizado en la estimación de la salinidad (Honorato, 2000).

Las variables anteriores se determinaron por medio del método de AS-23 NOM-021 RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002) a través del phmetro/conductivimetro (marca Corning, modelo 542, USA), mediante la solución de 1:2 con Cloruro de Calcio 0.01 M para pH y una solución de 10 g de suelo/50mL de agua destilada para Conductividad Eléctrica, respectivamente.

La Materia Orgánica (MO) se define como una mezcla de restos vegetales y animales y los productos de descomposición, sustancias húmicas de síntesis y microorganismos vivos en conjunto con las enzimas, son responsables del funcionamiento de los suelos a través de procesos bioquímicos y biológicos (Porta et al., 2011). Es reconocido como un agente primordial en la fertilidad del suelo (Juárez et al., 2006).

La determinación de la MO consiste en pesar 0.5 gramos de suelo, procesar un blanco con reactivos por triplicado. Se añade 25 mL de dicromato de potasio (0.07 M) por combustión húmeda y 25 mL de ácido sulfúrico H_2SO_4 (98%). Pasado el tiempo de reacción, se disuelve con 150 mL de agua destilada, se añaden 10 mL de ácido fosfórico (H_3PO_4) concentrado, 0.2 g de fluoruro de sodio (NaF) y 0.5 mL

de indicador de ferroina y titular con dicromato de sulfato ferroso (0.2 M). La estimación del contenido de Carbono Orgánico (CO) y Materia Orgánica (MO) se determinaron por las siguientes ecuaciones (Woerner, 1989):

$$\text{Carbono Orgánico (\%)} = 0.779 \times (B - M) (0.4) \%$$

$$\text{Materia Orgánica (\%)} = 1.343 \times (B - M) (0.4) \%$$

Dónde:

B = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el blanco de reactivos (mL).

M = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (mL).

0.4 = Normalidad de la solución de dicromato de potasio y de la solución del sulfato ferroso.

12/400 = peso equivalente del carbono en mg.

100/77 = factor de recuperación de carbono según Walkley/Black.

0.5 = peso de la muestra en g.

0.58 = porcentaje medio de carbono que supuestamente contiene la materia orgánica.

La Conductividad Hidráulica (CH) es la capacidad del agua para moverse a través de un medio permeable; describe la facilidad de infiltración de agua entre los poros del suelo (Gabriels, 2011).

La prueba consiste en la unión de dos cilindros con las mismas dimensiones, uno con muestra de suelo saturada de agua previamente y el otro se llena con agua. La permeabilidad de suelo (k , cm sec^{-1}) se define como la diferencia de tiempo para drenar el agua del contenedor superior (Das, 1997).

Método aplicado para medir la permeabilidad del suelo (Hasnawir et al., 2018).

$$k = 2.3 \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \log_{10} \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$$

Donde:

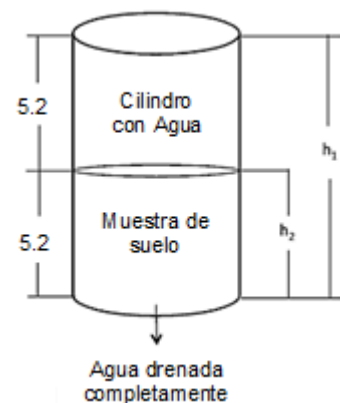
$$\frac{h_1}{h_2} = 2$$

$$a = A$$

$$L = 5.2 \text{ cm}$$

$$t_2 - t_1 = \Delta t$$

a y A = Área transversal



$$\text{Modificada } k = \frac{3.60}{\Delta t}$$

3. Análisis Estadístico

Se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilks y homocedasticidad para todas las variables, donde sólo la Densidad Aparente y el porcentaje de Limo cumplieron con los supuestos anteriores, por lo que se realizó la transformación de las variables MO, CO, pH y %Arcilla ($x/1$), Conductividad Eléctrica y Porosidad ($\sqrt{}$) y % Arena a Logaritmo Natural ($\ln(x)$). Para las variables pH y %Arcilla, a pesar de la transformación no presentaron normalidad por lo que se analizaron mediante métodos no paramétricos.

Se utilizaron métodos estadísticos aplicando análisis de varianza para determinar diferencias en las variables físicas y químicas del suelo entre los diferentes usos que se presentan en la zona, la profundidad y su interacción.

Por lo anterior, las variables con distribución normal y varianzas iguales (MO, CO, DA, Po, CE, Arena, Limo y CH) se analizaron por medio de análisis de varianza factorial de dos vías (ANOVA): Factor A (Profundidad) y Factor B (Uso de suelo). Se aplicaron pruebas de Tukey ($p=0.05$) a las variables que mostraron diferencias significativas. Por otra parte, las variables que no cumplieron con los supuestos (pH y Arcilla) se sometieron a pruebas no paramétricas, para el factor uso de suelo se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis presentando más de dos grupos independientes (agricultura, matorral, plantación y pastas), para el factor profundidad se aplicó la prueba de Mann-Whitney con dos grupos independientes (0-10 cm y 10-30 cm).

Se utilizó el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS ®Statistical Package for the Social Sciences) paquete de software, versión estándar lanzada 13.0 para Windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

De las variables paramétricas analizadas (MO, CO, DA, Po, CE, Arena, Limo y CH) todas presentaron diferencias significativas para los diferentes usos del suelo (FB), mientras que para el factor profundidad de suelo (FA) se observaron diferencia altamente significativa ($p<0.01$) para densidad aparente (DA), y diferencias significativas ($p<0.05$) para las variables materia orgánica (MO) y carbono orgánico (CO). Así mismo las variables porosidad (Po), conductividad eléctrica (CE), %Arena y %Limo no presentaron diferencias significativas para este factor. Es Importante mencionar que para este factor no se incluye la permeabilidad porque se realizó a una sola profundidad superficial. La interacción de los dos factores (FA*FB) fue altamente significativa ($p<0.01$) solo para la variable densidad aparente (DA) y %Limo, el resto de las variables no presentó significancia (Tabla 8).

Tabla 8. Resumen del análisis de varianza de un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial para las variables densidad aparente (DA), %Porosidad (Po), materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), conductividad eléctrica (CE), %Arena, %Limo y conductividad hidráulica (CH).

Variable	Unidad	Factor A (FA)	Factor B (FB)	Interacción (FA*FB)	R ² ajustada
DA	g/cm ³	31.039**	9.020**	7.475**	0.703
Po	%	3.254 ^{ns}	11.464**	14.293**	0.703
MO	%	8.924*	8.988**	0.864 ^{ns}	0.504
CO	%	8.923*	8.990**	0.864 ^{ns}	0.504
CE	μS cm ⁻¹	0.908 ^{ns}	21.305**	0.623 ^{ns}	0.658
Arena	%	3.162 ^{ns}	50.626**	0.303 ^{ns}	0.828
Limo	%	2.190 ^{ns}	4.270*	5.445**	0.440
CH	cm seg ⁻¹		6.673*		0.532

FA= Profundidad, FB=Uso de suelo, *Diferencias significativas ($p<0.05$); **Diferencias altamente significativas ($p<0.01$); ns, No Significativo ($p>0.05$).

4. Resultados

4.1. Densidad Aparente (DA)

Los valores más altos para esta variable se observaron en el uso Matorral a una profundidad de 10-30 cm (1.28 g/cm^3), presentando una menor (0.89 g/cm^3) DA para la profundidad 0-10 cm. El uso de Pastas presentó la mayor DA a una profundidad de 0-10 cm (1.18 g/cm^3) y no varía en gran medida entre las dos profundidades. Se aplicó la prueba de significancia honesta (HSD) de Tukey ($p=0.05$), detectándose diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para los usos Plantación y Matorral en contraste con el uso Agricultura y Pastas para la profundidad 0-10 cm. Para la profundidad 10-30 cm, se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el uso Plantación en contraste con el uso Matorral, mientras que los usos Agricultura y Pastas son iguales ($p \geq 0.05$) a los anteriores (Figura 19).

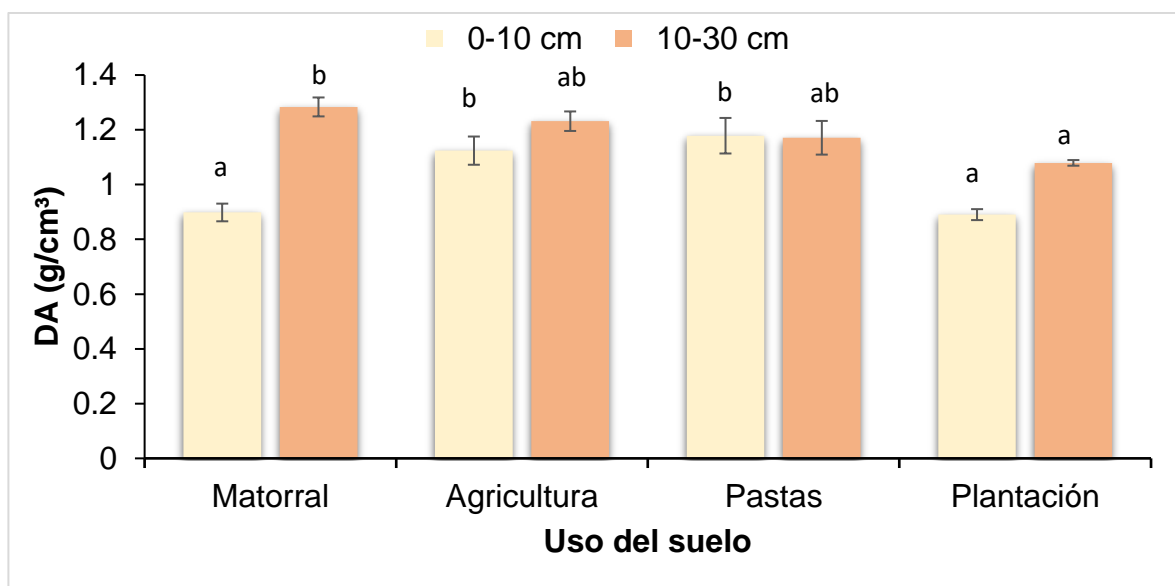


Figura 19. Densidad Aparente (DA) en los diferentes usos del suelo. Para una profundidad dada, las distintas letras indican diferencias estadísticas para la misma profundidad (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.

De acuerdo con la valoración de Woerner (1989) para DA, la Tabla 9 denota los siguientes resultados: la clase es “Muy Baja” para el uso Matorral (testigo) a una profundidad de 0-10 cm y “Baja” para la profundidad 10-30 cm; en el uso

Agricultura es Baja para ambas profundidades, el uso de Plantación y Pastas presentan una clase “Muy baja” para ambas profundidades.

Tabla 9. Valoración de la Densidad Aparente.

Clase	Densidad Aparente (g/cm ³)
Muy baja	<1.20
Baja	<1.40
Media	1.40 – 1.65
Alta	>1.75
Muy alta	>1.95

4.2. Porosidad (Po)

Los usos Matorral y Pastas presentaron los valores más altos con 66.10% y 66.40%, respectivamente, para la profundidad de 0-10 cm. Estos resultados posiblemente se deben a la proporción de raíces o materia orgánica por la cantidad de suelo en la primera profundidad principalmente. Para las dos profundidades, el uso Pastas presenta los más altos porcentajes de Po, con una media para la profundidad 10-30 cm de 59.27% dando un promedio general 62.84%. Por otro lado, el uso Agricultura y Plantación presentaron los porcentajes más bajos para esta variable en la profundidad 0-10 cm (57.58% y 55.53%), respectivamente, mientras que para la profundidad 10-30 cm el uso Matorral con 51.56% representa el valor más bajo. Se aplicó una comparación múltiple con prueba de significancia honesta (HSD) de Tukey ($p=0.05$) detectándose que el uso Agricultura, Pastas y Plantación son iguales ($p\geq 0.05$) entre ellos y significativamente diferentes ($p\leq 0.05$) al sitio Matorral para la profundidad 0-10 cm. Para la profundidad 10-30 cm, los usos Matorral y Agricultura son estadísticamente iguales ($p\geq 0.05$) y diferente ($p\leq 0.05$) al uso Pastas. El uso Plantación no presenta diferencias significativas ($p\geq 0.05$) con ninguno de los anteriores (Figura 20).

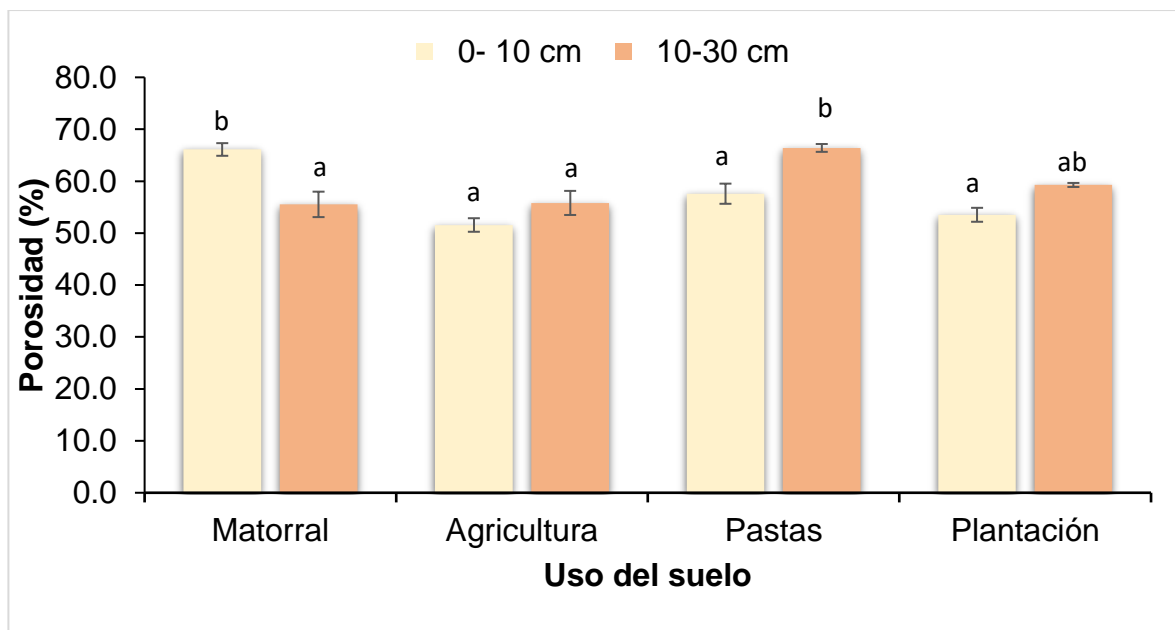


Figura 20. Porosidad (Po) en los diferentes usos del suelo. Para una profundidad dada, las distintas letras indican diferencias estadísticas para la misma profundidad (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.

4.3. Materia Orgánica (MO)

El uso Matorral presentó los valores más altos del contenido de MO seguido por el uso de Plantación con 4.90% y 4.46%, respectivamente para la profundidad 0-10 cm y para la segunda profundidad, 10-30 cm, con 3.37% (Matorral) y 3.25% (Plantación). El uso con menor contenido de MO es Agricultura con 2.32% para la primera profundidad, seguido de 2.53% para Pastas, mientras que para la segunda profundidad se presentó de manera inversa. Pastas representa el menor contenido de MO con 1.88% y Agricultura 2.26%; esta segunda condición indica la acumulación de materia orgánica a una segunda profundidad en las zonas agrícolas, no diferenciada entre la MO superficial debido a la roturación del suelo por medio del arado y laboreo de la tierra. Se realizó una comparación múltiple con prueba de significancia honesta (HSD) de Tukey ($p=0.05$), observándose que los usos Matorral y Plantación, son iguales ($p \geq 0.05$) a una profundidad 0-10 cm, pero significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) a los usos Agricultura y Pastas; estos últimos son iguales ($p \geq 0.05$). No se presentan diferencias significativas ($p \geq 0.05$) de MO en la profundidad 10-30 cm. Los usos con menor contenido de MO son

Agricultura y Pastas, esto se debe principalmente a la falta de vegetación arbórea y la labranza de las tierras (Figura 21).

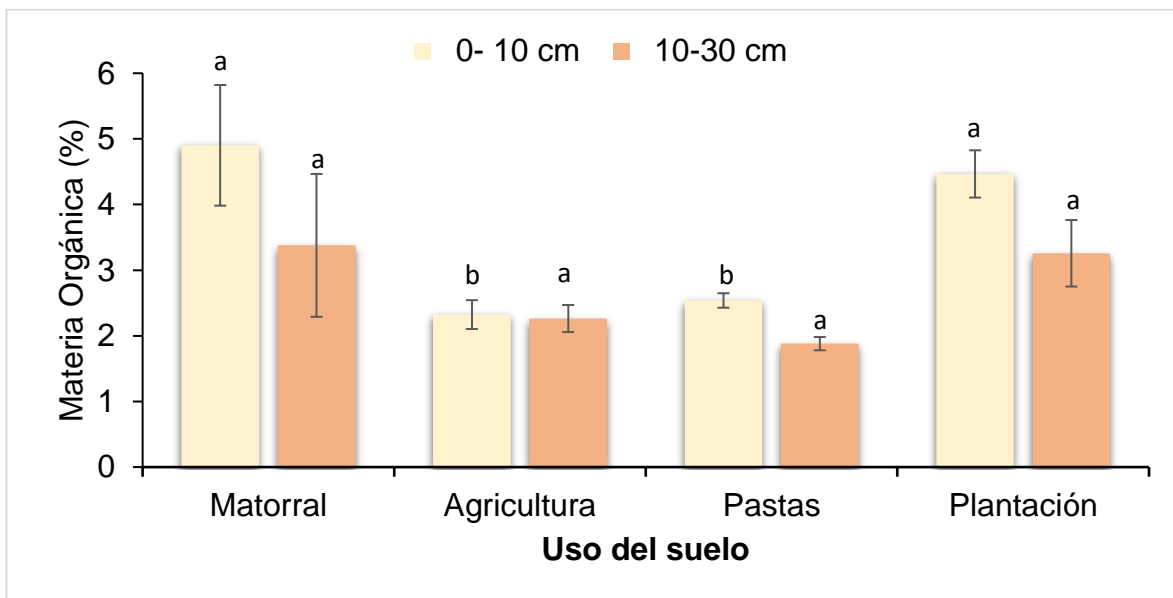


Figura 21. Contenido de Materia Orgánica (MO) en los diferentes usos del suelo. Para una profundidad dada, las distintas letras indican diferencias estadísticas para la misma profundidad (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.

4.4. Carbono Orgánico (CO)

Al igual que la MO y siendo variables dependientes, el uso Matorral presentó igualmente los valores más altos de contenido de CO seguido por el uso de Plantación con 2.84% y 2.59%, respectivamente para la profundidad 0-10 cm y para la segunda profundidad, 10-30 cm, con 1.95% (Matorral) y 1.88% (Plantación). El uso con menor contenido de CO es Agricultura con 1.34%, seguido de 1.47% para Pastas para la profundidad 0-10 cm, mientras que, para la segunda profundidad, el comportamiento fue inverso. Pastas representa el menor contenido de CO con 1.09% y Agricultura 1.31%; esta segunda condición indica una similitud en la acumulación de materia entre las dos profundidades en las zonas agrícolas debido a las actividades de labranza y laboreo del suelo. Se efectuó una comparación múltiple con mediante la prueba de significancia honesta (HSD) de Tukey ($p=0.05$); los usos de Matorral y Plantación no presentan diferencias significativas ($p \geq 0.05$) para la profundidad 0-10 cm, pero

significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) a los usos Agricultura y Pastas, estos últimos son iguales ($p \geq 0.05$). No se presentan diferencias significativas ($p \geq 0.05$) de CO en la profundidad 10-30 cm; los usos con menor contenido de CO son Agricultura y Pastas. Este comportamiento posiblemente se debe principalmente a la falta de vegetación arbórea y la labranza de las tierras (Figura 22).

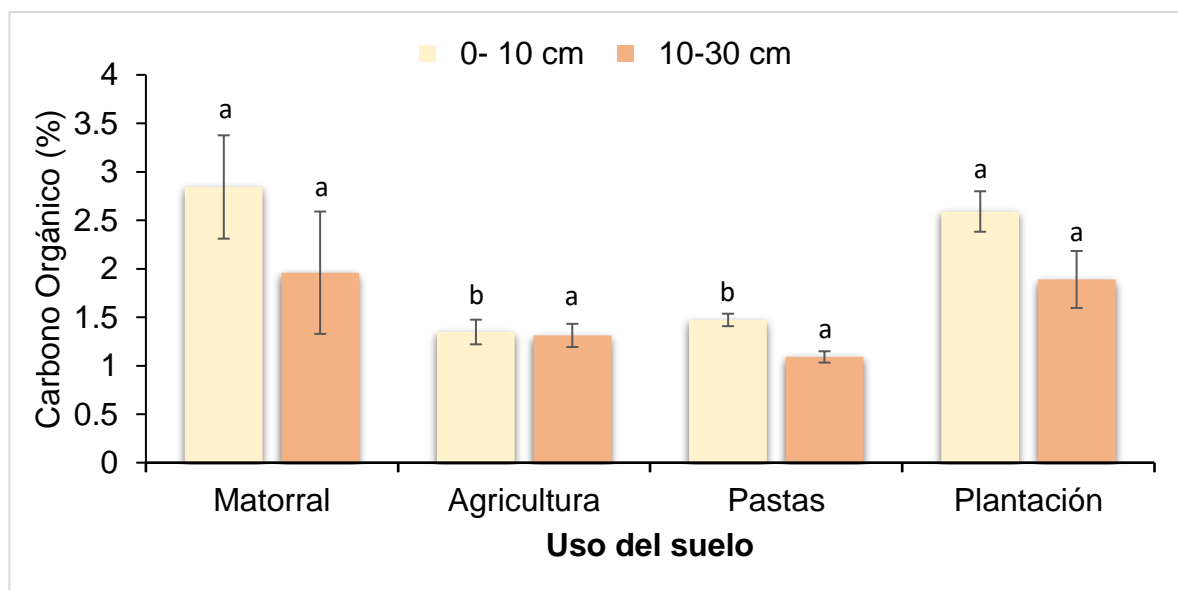


Figura 22. Contenido de Carbono Orgánico (CO) en los diferentes usos del suelo. Para una profundidad dada, las distintas letras indican diferencias estadísticas para la misma profundidad (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.

4.4.1. Valoración

De acuerdo con la valoración de Woerner (1989), los usos de suelo se encuentran en una clasificación de suelos arcillosos. El contenido de carbono para el uso Matorral es alto para la profundidad 0-10 cm y mediano para la profundidad 10-30 cm. Para los usos de Agricultura y Pastas, es mediano para ambas profundidades, mientras que para el uso de Plantación es alto para profundidad 0-10 cm y mediano para la profundidad 10-30 cm, de la misma manera que el uso de suelo Matorral (Tabla 10).

Tabla 10. Contenido (%) de CO en suelo (según Walkley y Black modificado).

Contenido de CO (%)	Contenido de C orgánico en % suelo		
	Arenosos	Francos	Arcillosos
Muy Escaso	<0.25	<0.50	<0.75
Escaso	0.25 – 0.50	0.50 – 0.75	0.75 – 1.00
Mediano	0.50 – 0.75	0.75 – 1.50	1.00 – 2.00
Alto	0.75 – 1.50	1.50 – 2.50	2.00 – 4.00
Muy Alto	>1.50	>2.50	>4.00

4.5. Conductividad Eléctrica (CE)

Los valores más altos fueron observados para el uso de Plantación ($145.7 \mu\text{S cm}^{-1}$) a una profundidad de 0-10 cm y $120.46 \mu\text{S cm}^{-1}$ para la segunda profundidad de 10-30 cm. Esta condición podría estar relacionada a la baja permeabilidad del suelo y el agua de riego. El uso Pastas fue el que presentó los valores más bajos con $31.53 \mu\text{S cm}^{-1}$ para la profundidad 0-10 cm y $40.05 \mu\text{S cm}^{-1}$ para la profundidad 10-30 cm. Se realizó la comparación múltiple con prueba de significancia honesta (HSD) de Tukey ($p=0.05$) donde el uso Matorral muestra diferencia altamente significativa ($p\leq 0.01$) con el uso Pastas. El uso Plantación presenta diferencias significativas ($p\leq 0.05$) en contraste con el uso Agricultura y Pastas a una profundidad 0-10 cm. Para la profundidad 10-30 cm, el uso Plantación es estadísticamente diferente ($p\leq 0.05$) a los sitios Agricultura y Pastas, mientras que los usos de Pastas, Agricultura y Matorral son estadísticamente iguales ($p\geq 0.05$). (Figura 23).

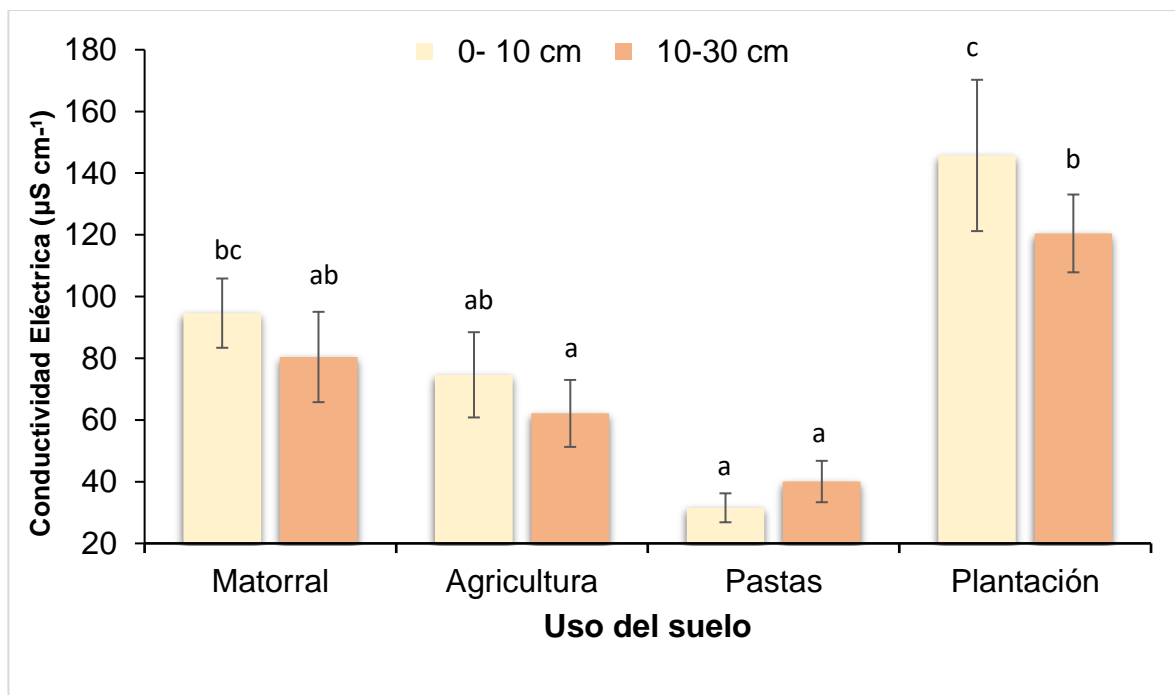


Figura 23. Conductividad Eléctrica (CE) en los diferentes usos del suelo. Para una profundidad dada, las distintas letras indican diferencias estadísticas para la misma profundidad (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.

De acuerdo con la valoración (Tabla 11) de Woerner (1989), todos los usos contienen un grado de salinidad muy escasa, condición favorable para la mayoría de los cultivos.

Tabla 11. Valoración de la salinidad.

Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Salinidad
< 500	Muy escasa
500 – 1000	Escasa
1000 – 2000	Moderada
2000 – 4000	Alta
>4000	Extrema

4.6. Textura o composición granulométrica

El uso Matorral tiene una clase textural Franco arcillosa (Cr) para las dos profundidades. El uso Agricultura, Arcillo limosa (RI) a una profundidad de 0-10 cm y Arcillosa en la profundidad 10-30 cm. Los usos de Pastas y Plantación tienen una textura Arcillosa (R). Para la comparación de medias se excluyó la variable %Arcilla debido a que no presentó una distribución normal y homogeneidad de varianzas. Para el uso Pastas no se incluye la variable %Arena a la profundidad 0-10 cm porque sus datos representan una constante. El % Limo para la profundidad 0-10 cm no presentó diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en los diferentes usos del suelo. Para la profundidad 10-30 cm, no se presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) para los usos Agricultura, Pastas y Plantación, pero estos son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) al uso Matorral, mientras que el %Arena, se detectan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los diferentes usos para la profundidad 0-10 cm. Para la profundidad 10-30 cm, mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para los usos Matorral, en cambio con el uso Plantación, Agricultura y Pastas, estos últimos contienen los más bajos valores de %Arena y son estadísticamente iguales ($p > 0.05$) (Figura 24).

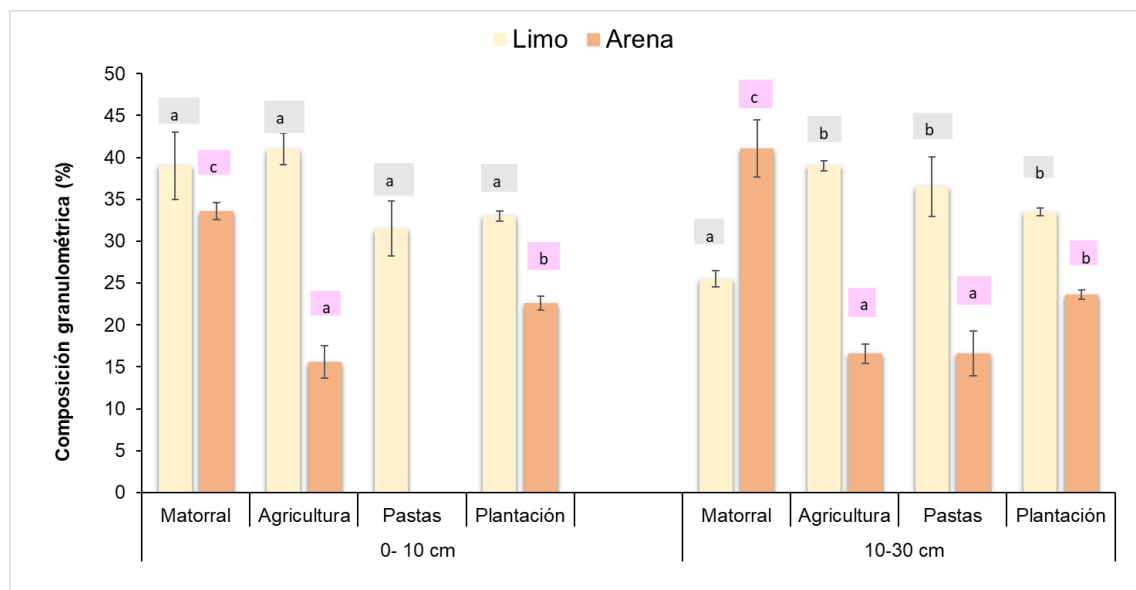


Figura 24. Composición granulométrica (Limo y Arena) en los diferentes usos del suelo. Para una profundidad dada, las distintas letras indican diferencias estadísticas para la misma profundidad (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.

4.7. Conductividad Hidráulica

El uso de Matorral fue el que presentó una mejor permeabilidad con un valor de 0.00818 cm/s, seguido del uso Agricultura (0.00537 cm/s), Plantación (0.00248 cm/s) y con una muy baja o nula permeabilidad el uso de Pastas (0.00010 cm/s). Los valores bajos para esta variable están relacionados a un alto contenido de arcillas y a un alto grado de compactación del suelo. Se realizó la prueba de comparación múltiple de significancia honesta (HSD) de Tukey ($p=0.05$) donde, el uso de Matorral (testigo) presentó diferencias altamente significativas con el uso Pastas ($p\leq 0.01$), mientras que con el uso Agricultura y Pastas no presenta diferencia significativa ($p\geq 0.05$). El uso de Plantación no presentó diferencias significativas ($p\geq 0.05$) en contraste con los tres usos (Figura 25).

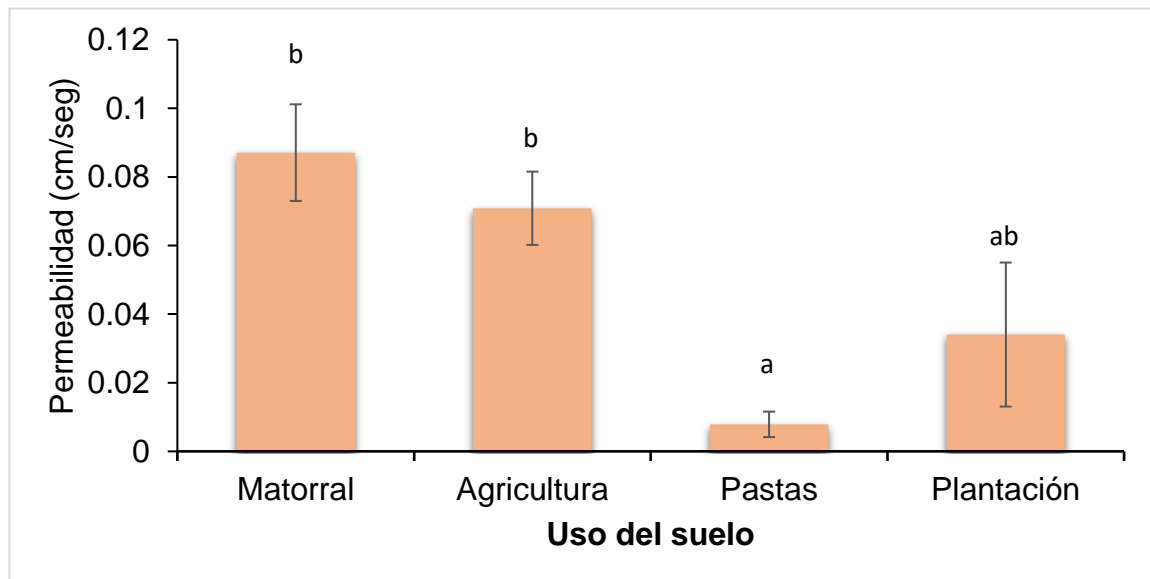


Figura 25. Permeabilidad en los diferentes usos del suelo a una profundidad superficial. Las distintas letras indican diferencias estadísticas (según prueba de Tukey, $p=0.05$). Cada valor graficado representa la media ($n=x$) \pm desviación del error.

4.8. Color

Se registró el color del suelo de las muestras de los diferentes usos del suelo, de forma húmeda y en seco a una profundidad de 0-10 cm y 10-30 cm. El color en

general fue entre Marrón (10YR 5/3) y Marrón muy oscuro (10YR 2/2). El uso de Matorral presentó ligero cambio en la profundidad 0-10 cm con muestra seca con 10YR 5/3 color Marrón a diferencia de la profundidad 10-30 cm con 10YR 4/3 color Marrón oscuro presente también en la muestra húmeda a las dos profundidades. El uso de suelo Agricultura presenta un color Marrón oscuro en la muestra húmeda (10YR 3/3) y Gris muy oscuro (5YR 3/1) para la muestra en seco; no presentó variabilidad entre profundidades. El uso de Pastas fue el que presentó ligeras diferencias entre las muestras en seco o húmedo y profundidad; 10YR 3/2 Marrón grisáceo muy oscuro para la muestra húmeda de la profundidad 0-10 cm y la muestra en seco de la profundidad 10-30 cm, mientras que para la profundidad 0-10 cm muestra seca y muestra húmeda a la profundidad 10-30 cm el color fue Marrón oscuro código 10YR 4/3. Para el uso de Plantación, el color para la muestra en húmedo a las dos profundidades fue 10YR 2/2 Marrón muy oscuro, de la misma manera la muestra en seco también no presentó diferencia a las dos profundidades y el color fue Marrón grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) (Tabla 12).

Tabla 12. Determinación del color de suelo de tipo Luvisol bajo diferentes usos.

Uso	Profundidad (cm)	Código muestra húmeda	Color	Código muestra seca	Color
Matorral	0-10	10YR 4/3	Marrón oscuro	10YR 5/3	Marrón
	10-30	10YR 3/3	Marrón oscuro	10YR 3/3	Marrón oscuro
Agricultura	0-10	10YR 3/3	Marrón oscuro	5YR 3/1	Gris muy oscuro
	10-30	10YR 3/3	Marrón oscuro	5YR 3/1	Gris muy oscuro
Pastas	0-10	10YR 3/2	Marrón grisáceo muy oscuro	10YR 4/3	Marrón oscuro
	10-30	10YR 4/3	Marrón oscuro	10YR 3/2	Marrón grisáceo muy oscuro
Plantación	0-10	10YR 2/2	Marrón muy oscuro	10YR 3/2	Marrón grisáceo muy oscuro
	10-30	10YR 2/2	Marrón muy oscuro	10YR 3/2	Marrón grisáceo muy oscuro

4.9. Correlación de las variables

Se efectuó la correlación de Spearman para estimar la correlación existente entre las variables en las dos profundidades. Para la profundidad 0-10 cm, la variable DA se encuentra fuertemente correlacionada ($p \leq 0.01$) de manera negativa con las variables MO, CO y %Arena, lo mismo sucede con las variables pH y CE, aunque con un valor de significancia menor ($p \leq 0.05$). Además, se correlaciona positivamente con la variable %Arcilla; considerando que si la cantidad de arcilla aumenta la DA es mayor también. La porosidad no presenta correlaciones significativas, aunque se relaciona principalmente con los contenidos de %Limo, Arena y Arcilla. La MO está fuertemente relacionada a CO siendo variables dependientes, seguido de la correlación con %Arena, con una menor significancia se relaciona con CE. El CO está fuertemente ($p \leq 0.01$) correlacionado con %Arena y con menor significancia ($p \leq 0.05$) con la variable CE. Esta última está fuertemente relacionado con pH, y con una menor significancia pH con %Arena, misma que se correlaciona fuertemente con %Arcilla de manera negativa, así como el %Limo se correlaciona negativamente con %Arcilla, siendo estas últimas tres variables dependientes (Tabla 13).

Para la segunda profundidad (10-30 cm), la variable DA tiende a correlacionarse negativamente con todas las variables, excepto con %Arena, aunque no de manera significativa para ninguna variable. El %Porosidad se correlaciona de manera significativa ($p \leq 0.05$) con la variable %Arcilla. La variable MO se comporta de igual manera que en la primera profundidad, aunque en este caso la correlación más significativa sucede con CE. Lo mismo sucede con la variable CO siendo la CE la correlación más fuerte ($p \leq 0.01$). La variable pH y CE se correlacionan significativamente ($p \leq 0.01$) igual que en la profundidad 0-10 cm, esta última variable se correlaciona significativamente ($p \leq 0.05$) con %Arena a menor magnitud que en la profundidad 0-10 cm. Las variables %Arena, %Arcilla y %Limo se correlacionan fuertemente por ser variables dependientes (Tabla 14).

Tabla 13. Coeficientes de correlación (n=16) de Spearman entre variables para la profundidad 0-10 cm. Los valores en negritas indican significancia de p bilateral (*) $p \leq 0.05$ y (**) $p \leq 0.01$.

	DA	Porosidad	MO	CO	pH	CE	ARENA	ARCILLA	LIMO
DA	1.000								
Porosidad	-.388	1.000							
MO	-.656**	.218	1.000						
CO	-.656**	.218	1.000**	1.000					
pH	-.519*	-.313	.430	.430	1.000				
CE	-.585*	-.282	.576*	.576*	.929**	1.000			
ARENA	-.724**	.441	.673**	.673**	.530*	.624**	1.000		
ARCILLA	.536*	-.401	-.468	-.468	-.362	-.456	-.762**	1.000	
LIMO	.054	-.103	.064	.064	.099	.143	.041	-.592*	1.000

Tabla 14. Coeficientes de correlación (n=16) de Spearman entre variables para la profundidad 10-30 cm. Los valores en negritas indican significancia de p bilateral (*) $p \leq 0.05$ y (**) $p \leq 0.01$.

	DA	Porosidad	MO	CO	pH	CE	ARENA	ARCILLA	LIMO
DA	1.000								
Porosidad	-.368	1.000							
MO	-.171	-.200	1.000						
CO	-.171	-.200	1.000**	1.000					
pH	-.364	-.259	.321	.321	1.000				
CE	-.238	-.447	.694**	.694**	.770**	1.000			
ARENA	.341	-.406	.505*	.505*	.124	.524*	1.000		
ARCILLA	-.268	.501*	-.222	-.222	-.108	-.490	-.764**	1.000	
LIMO	-.307	.082	-.402	-.402	.181	-.142	-.822**	.402	1.000

DA = densidad aparente, MO = materia orgánica, CO = Carbono orgánico, CE = conductividad eléctrica

4.10. Comparación de muestras independientes pH y %Arcilla

Se efectuó la prueba de Kruskal-Wallis para la variable de agrupación de uso del suelo. El valor del estadístico H con 3 grados de libertad fue de 18.745 para pH y 21.099 para %Arcilla. El valor de la significancia ($p < 0.001$) mostró que existen diferencias altamente significativas entre los cuatro usos de suelo para estas dos variables (Tabla 15).

Tabla 15. Prueba de Kruskal-Wallis para detectar diferencias entre los usos del suelo para las variables pH y %Arcilla.

Variable	χ^2	gl	Valor p
pH	18.745	3	<0.001
%Arcilla	21.099	3	<0.001

Además, se realizó la prueba de Kruskal Wallis para muestras independientes para determinar mediante la prueba post-hoc las diferencias en la distribución de las variables por uso por el contraste en pares. Se muestra una diferencia en las distribuciones altamente significativa ($p < 0.01$) para la variable pH entre los usos Pastas vs Plantación, diferencias significativas ($p < 0.05$) para las muestras Matorral vs Plantación y Agricultura vs Plantación. Los usos Pastas, Matorral y Agricultura no difieren entre ellos. Para la variable %Arcilla se muestra una diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) entre los usos Matorral y Pastas, y una diferencia significativa para los usos Matorral en comparación con Agricultura y Matorral con Plantación. Agricultura no presenta diferencias en comparación con los usos de Pastas y Plantación ($p > 0.05$) (Tabla 16).

Tabla 16. Comparación por pares, prueba post-hoc de Kruskal-Wallis (sig. $p < 0.05$).

Variable	Comparación	Sig.	Sig. ajust.
pH	P-M	0.337	1.000
	P-A	0.317	1.000
	P-PI	<0.001	<0.001**
	M-A	0.968	1.000
	M-PI	0.002	0.011*
	A-PI	0.002	0.013*

%Arcilla	M-P	<0.001	<0.001**
	M-A	0.003	0.017*
	M-PI	0.004	0.026*
	A-P	0.133	0.800
	PI-A	0.892	1.000
	PI-P	0.102	0.610

Los valores con (*) indican diferencia significativa $p < 0.05$, (**) altamente significativa $p < 0.01$.
P=Pastas, M=Matorral, A=Agricultura, PI=Plantación.

Se aplicó la prueba de U de Mann-Whitney para el factor Profundidad. Las variables pH y %Arcilla no muestran diferencias significativas ($p > 0.05$) en la distribución para las dos profundidades 0-10 cm y 10-30 cm con valores de significancia de 0.850 y 0.0632, respectivamente (Tabla 17).

Tabla 17. Prueba de U de Mann-Whitney para dos muestras (sig. 0.05).

Variable	Rango de la media 0-10 cm	Rango de la media 10-30 cm	Estadístico	W de Wilcoxon	Sig.
pH	16.19	16.81	123.000	259.000	0.850
%Arcilla	17.28	15.72	115.000	251.500	0.632

En base a la clasificación de la NOM-021-RECNAT-2000 los suelos de los sitios de uso Matorral, Agricultura y Pastas son moderadamente ácidos y el uso de Plantación es medianamente alcalino (Tabla 18).

Tabla 18. Valoración del grado de la reacción del suelo.

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	<5.0
Moderadamente ácido	5.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Medianamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	>8.5

Bajo la clasificación del triángulo de texturas del USDA (SEMARNAT, 2002), los suelos tienen alto contenido de arcilla. El uso Agricultura tiene una textura Franco arcillosa (Cr) en las dos profundidades, el uso de Pastas y Plantación con una clase textural de Arcillosa (R) para las dos profundidades y el uso Agricultura, se encuentra en la clasificación Arcillo limosa (RI) para la primera profundidad (0-10 cm) y Arcillosa (R) para la segunda profundidad (10-30 cm).

III. DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL

1. Diagnóstico de la problemática

Las entrevistas fueron dirigidas a productores mayores de 40 años en su mayoría pertenecientes al consejo de vigilancia. Se realizaron quince entrevistas semiestructuradas y entrevistas directas; el número alcanzado fue limitado debido a la baja presencia de ejidatarios o productores activos en la microcuenca. Las principales causas son el abandono de las tierras por cambio de domicilio o por la venta de propiedad a personas ajenas a los ejidos.

La información recabada muestra una tendencia en la identificación de las Fortalezas y Debilidades de la microcuenca. En su mayoría los entrevistados coinciden con las problemáticas que existen en los sectores evaluados: Aspectos Socioeconómicos, Actividades Productoras (Agricultura, Pecuario, Animales Domésticos y el Sector Forestal). En base a esta información, se realizó el análisis FODA el cual se divide en cuatro sectores: Social, Ambiental, Forestal y Económico, se marcan las de mayor importancia o aquellas situaciones que son punto clave para las propuestas de manejo, añadiendo la actividad propuesta para la solución de la valoración identificada (Tablas 19 y 20).

Tabla 19. Análisis FODA.

Social		
<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura y servicio de salud • Distribución de las tierras ejidales y comunales • Participación • Ejercicios de Ley Agraria • Seguridad integral 	Instalaciones abandonadas	O
	Falta de asistencia médica en la zona	D
	Comunicación interrumpida por la mala calidad de los puentes	A
	Venta de las tierras de uso común	D
	Suministro de agua	F
	Hay disposición de los productores para participar en programas ambientales	O
	Organización para las actividades productivas	D
	Organización agraria básica	F
	Organización para el desarrollo rural integral (económico y social)	O
	Respeto al reglamento interno de los ejidos	D
	Migración e inmigración de la población	A
	Poca participación de las amas de casa en las actividades productivas	D
	Cultura de agricultura tradicional	F
	Conflictos de seguridad social	A
	Seguridad alimentaria	D

Tabla 20. Análisis FODA (continuación).

Ambiental		
<ul style="list-style-type: none"> Degradación de la cubierta vegetal y el suelo Situación de riesgo para las corrientes de agua Regeneración rápida Conciencia ambiental Contaminación Condiciones edáficas 	Sobrepastoreo en áreas de uso común y el bosque	A
	Contaminación por desechos en ríos y arroyos	A
	Erosión del suelo	A
	Presencia de cárcavas	A
	La regeneración de la vegetación es favorecida por las condiciones climáticas de la zona	F
	Los productores reconocen la importancia de los recursos agua, suelo y vegetación	F
	Algunos pobladores prefieren evitar el uso de fertilizantes químicos	O
	Mal uso de los residuos sólidos y quema de basura	A
	Agricultura mecanizada	D
	Compactación del suelo Luvisol por pastoreo	D
	Cantidad de materia orgánica en suelo Luvisol	A
	Contenido de carbono orgánico en suelo Luvisol	O
	Salinidad del suelo Luvisol	F
	pH del suelo Luvisol	F
	Permeabilidad del suelo Luvisol	D
Forestal		
<ul style="list-style-type: none"> Cubierta vegetal nativa Bosque con antecedente de incendio Especies forestales de importancia económica 	Degradación del bosque de pino-encino	A
	Disminución de la captación de agua	D
	Regeneración natural	F
	Carga de combustibles leñosos	A
	Recursos Forestales No Maderables (RFNM)	D
	Especies forrajeras, alimenticia y medicinales	O
	Especie en estatus NOM-059-2010	F
Económico		
<ul style="list-style-type: none"> Organización Destino de los recursos disponibles Prácticas productivas establecidas en la Ley Agraria Autosuficiencia Subsidios 	Infraestructura	O
	Formación de una cooperativa	O
	Asesoría técnica	D
	Comercialización de productos	O
	Desconocimiento de la cantidad de cosechas	D
	Bajo aprovechamiento y producción de RFNM	D
	Compra de alimentos agrícolas fuera de la zona	D
	Cadena comercial del nogal pecanero	F
	Venta de tierras por falta de recursos	A
	Vinculación y asesoría para el acceso de programas de gobierno	D

*F= Fortalezas, O= Oportunidades, D = Debilidades y A=Amenazas.

1.1. Jerarquización de la problemática

Se realizó una clasificación de la problemática y se asignó un valor de acuerdo con el grado de impacto o importancia de la situación, según el número de problemáticas de la clasificación del análisis FODA por sector (Tablas 21a - 21d).

Tabla 21. Valoración de las problemáticas del sector social

Sector Social	
A	1: Migración e inmigración de la población; esto genera tierras improductivas, contaminación, desinterés por los recursos naturales y conflictos internos.
	2: Comunicación interrumpida por la mala calidad de los puentes; esto afecta en gran medida cuando hay eventos climáticos atípicos, además de poner en riesgo la vida de los habitantes que transitan a diario.
	3: Los conflictos de seguridad social han ido en aumento en los últimos años y aunque no es competencia para este estudio, esta situación pone en riesgo las actividades productivas y la propiedad ejidal.
	4: Seguridad alimentaria; los ejidos no son autosuficientes.
D	5: Venta de las tierras de uso común; esto propicia a la falta de aprovechamiento de las tierras, los compradores provienen de la ciudad y por lo general solo visitan la zona de manera esporádica.
	6: Respeto al reglamento interno de los ejidos, existen desacuerdos entre los ejidatarios por incumplimiento, principalmente en las tierras de uso común.
	7: Organización para las actividades productivas; esta forma de trabajo se practica muy poco, sin embargo, hay algunos productores que lo están llevando a cabo.
	8: Poca participación de las amas de casa en las actividades productivas. La Ley Agraria menciona en el artículo 71 que se podrá establecer una unidad agrícola industrial de la mujer, la cual deberá ser aprovechada por mujeres mayores de dieciséis años del núcleo de población.
O	9: Falta de asistencia médica en la zona, sólo tienen acceso una vez al mes, el resto del tiempo la clínica permanece cerrada.
	10: Hay disposición de los productores para participar en programas ambientales para mejorar las condiciones siempre y cuando no se vean perjudicados sus intereses productivos
	11: Organización para el Desarrollo Rural Integral, donde los ejidatarios y pobladores se encargan de cuestiones relacionadas con el poblado y servicios públicos, esta gestión puede facilitar la vigilancia de intereses compartidos para la implementación de prácticas de manejo de los recursos disponibles.
	12: Hay instalaciones que pueden ser utilizadas para establecer centros de atención, almacenamiento y aprendizaje.
F	13: Organización agraria básica; las autoridades de los ejidos están cumpliendo con su cargo conforme la Ley Agraria.
	14: Cultura de agricultura tradicional; algunos productores consideran que la agricultura orgánica es una buena práctica para la salud.
	15: El suministro de agua satisface las necesidades de los productores en cantidad y calidad, esto permite la implementación de sistemas de riego para aumentar la productividad agrícola, aunque valdría la pena implementar recorridos de vigilancia con el propósito de detectar desvíos sin reconocimiento por los ejidatarios.

Tabla 22. Valoración de las problemáticas del sector ambiental

Sector Ambiental	
A	1: Sobrepastoreo en áreas de uso común y el bosque ha provocado pérdida de cubierta vegetal y degradación de los suelos.
	2: La erosión del suelo es evidente en las partes medias de la microcuenca; hay zonas desprovistas de vegetación y bancales.
	3: Presencia de cárcavas de grandes profundidades.
	4: La cantidad de materia orgánica en suelo Luvisol se ve afectada por los cambios de uso de suelo, esto ocasiona afectaciones en las propiedades físicas y químicas del suelo principalmente a la fertilidad para la producción, por lo que es necesario la implementación de abonos orgánicos producidos por los mismos productores y la asociación de cultivos, así como la adopción de sistemas agroforestales.
	5: Contaminación por desechos en ríos y arroyos provoca la mala calidad de agua para las zonas bajas (ciudad).
	6: El mal uso o manejo de los residuos sólidos sobre todo de recipientes de productos químicos acumulados en las tierras de cultivos genera contaminación del suelo, aguas subterráneas y los cultivos. La quema de basura genera contaminación del aire y degradación de la salud, pero no existe alternativa para las comunidades más alejadas del centro de recolección.
D	7: Permeabilidad del suelo Luvisol es una condición que acarrea diversas afectaciones a las raíces de los árboles debido a la retención de agua en la superficie y la facultad de ingresar aire a las mismas. Por otra parte, un ambiente con humedad puede atraer problemas fitosanitarios.
	8: Compactación del suelo Luvisol por pastoreo logra una menor infiltración de los suelos, así como una mayor densidad, lo que provoca limitantes para el desarrollo de raíces, por lo tanto, baja la producción de forraje, frutales y cultivos.
	9: Agricultura mecanizada; aunque sin duda ha aumentado la capacidad de cultivo en mayor cantidad de tierras, no hacerlo de una manera sostenible acarrea impactos desfavorables para los suelos agrícolas generando compactación principalmente.
O	10: Contenido de carbono orgánico en suelo Luvisol, mantener o aumentar los valores a través de abonos orgánicos, puede intervenir en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, siendo este determinante para la productividad del suelo.
	11: Algunos pobladores prefieren evitar el uso de fertilizantes químicos. Esto mantiene la buena calidad de los cultivos para la salud, además de evitar daños ambientales (calidad del suelo y agua).
F	12: Salinidad del suelo Luvisol se encuentra en una clasificación muy escasa para todos los usos, situación favorable para los cultivos en su mayoría.
	13: pH del suelo Luvisol se encuentran en un rango de moderadamente ácido a moderadamente alcalino el cual es favorable para la mayoría de los cultivos.
	14: La regeneración de la vegetación es favorecida por las condiciones climáticas de la zona, esto permite que las tierras deterioradas sin intervención antropogénica se recuperen.
	15: Los productores reconocen la importancia de los recursos agua, suelo y vegetación para la vida y la producción agrícola y pecuaria.

Tabla 23. Valoración de las problemáticas sector forestal

Sector Forestal	
A	1: Degradación del bosque de pino-encino; aunque el aprovechamiento no se acentúa en las especies maderables, las condiciones actuales de los estratos de vegetación bajo, medio y alto se han visto impactados, provocando desequilibrios en los microclimas, además de la reducción de captación de agua, lo que podría provocar impactos aguas abajo a mediano o corto plazo.
	2: Carga de combustibles leñosos en pie; mantener una zona con cantidades altas de estos materiales puede presentar susceptibles a incendios, por lo que es recomendable una cuantificación y determinar en qué medida se deben implementar técnicas y herramientas para su reducción.
D	3: Disminución de la captación de agua por la degradación de las partes altas de la microcuenca, las principales razones son por la práctica de ganadería en agostadero y pérdida de vegetación del bosque provocado por incendio forestal.
	4: Los Recursos Forestales No Maderables (RFNM) tenían un gran auge en décadas pasadas, pero el mal manejo y aprovechamiento disminuyó sus poblaciones.
O	5: Las especies del matorral submontano tienen importancia ecológica, principalmente proveer servicios ambientales, importancia económica como la forrajera y alimenticia y de salud las plantas medicinales, sin embargo, para este estudio el uso es bajo, sobre todo los pobladores que se encuentran más alejados de la zona forestal. Bajo esta circunstancia es posible la implementación del manejo y aprovechamiento de estos recursos a través de un estudio etnobotánico.
	6: La regeneración natural de los sitios degradados sin intervención antropogénica se da de manera rápida, sin embargo, la intervención del ganado en el bosque no ha permitido la recuperación de la zona con antecedente de incendio.
F	7: Especie en estatus de peligro de extinción en México en la NOM-059-2010?, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático propone sitios de refugio mediante la Conservación <i>in situ</i> .

Tabla 24. Valoración de las problemáticas sector económico

Sector Económico	
<div>A</div> <div>D</div> <div>O</div> <div>F</div>	<p>1: Venta de tierras por falta de recursos esta situación ha ido en aumento en los últimos años, además de aquellos que son causados por conflictos de seguridad integral.</p> <p>2: La asesoría técnica es deficiente para los productores cuando se implementan programas productivos, es la principal razón del fracaso.</p> <p>3: Vinculación y asesoría para el acceso de programas de gobierno, no existe el compromiso social y moral para facilitar los trámites, esto desalienta a los productores debido a las dificultades y el tiempo de espera que esto implica.</p> <p>4: Incertidumbre de las cosechas, debido a la baja producción de cultivos y el uso para autoconsumo y forraje los productores no proporcionan datos precisos de cosecha.</p> <p>5: Bajo aprovechamiento y producción de Recursos Forestales No Maderables, en el pasado se practicaba la producción de aguamiel, mezcal y quiote.</p> <p>6: Compra de alimentos fuera de la zona; la alimentación se basa principalmente en productos procedentes de la ciudad y alimentos agrícolas como las verduras que productores externos les venden.</p> <p>7: Comercialización de productos; esto permite la obtención de recursos económicos, pero sin duda se requiere buscar mercado para los productos y cultivos de la microcuenca, algunos de estos productos es el huevo.</p> <p>8: Infraestructura que actualmente no está siendo ocupada podría ser un medio de reunión y capacitación para los pobladores en temas de importancia ambiental, social y económico.</p> <p>9: Formación de una cooperativa; esta posibilidad se puede desarrollar a partir de un estudio específico para determinar la aceptación de los pobladores a partir de la presentación de requisitos y beneficios.</p> <p>10: Cadena comercial del nogal pecanero; han formado enlaces con empresas extranjeras para su comercialización lo que permite a los productores asegurar la venta de sus productos a precios competitivos de mercado.</p>

Las problemáticas detectadas se basan en un solo principio “la sostenibilidad humana” la cual está estrechamente ligada a un concepto más amplio de sostenibilidad incluye además de la dimensión ecológica y la social, y este proceso permite desarrollar condiciones o estándares de vida aceptables para toda una población (Bengoa, 2009).

La gestión y la organización autónoma impulsan el desarrollo social, cultural y económico de las comunidades (Ballesteros & Carrión, 2007). El objetivo de este análisis es dar respuesta a la cuestión ¿Qué prácticas deben emplearse para el

manejo integral sostenible de la microcuenca Los Álamos?, para ello en la sección siguiente se plantea una propuesta estratégica basada en tres lineamientos ambientales principales: cantidad y calidad del agua, calidad física y química del suelo, y la vegetación.

2. Propuesta de Manejo

Los principales retos ambientales se derivan por la pérdida de los ecosistemas, la biodiversidad, la escasez y contaminación de los recursos hídricos además de la calidad del suelo, es de suma importancia actuar para revertir los daños que esto provoca, centrando principalmente el efecto que se tiene en aspectos sociales como la salud, la seguridad alimentaria y la economía, mismas que afectan la producción y el comercio (Semarnat, 2016).

Se ha demostrado que la mejoría de la condición económica de la sociedad repercute directamente en la mejoría del ambiente o su conservación (UNDP, 2011). Viéndolo desde otro punto de vista, vale la pena entender que la calidad del ambiente afecta el bienestar de la población (Semarnat, 2016).

En base a la información recabada en campo a través de entrevistas se encontró que el recurso hídrico es el más afectado, siendo notorio principalmente en los niveles de los arroyos principales de la microcuenca, por lo que consideran que es necesario implementar actividades que permitan la recuperación del recurso hídrico. El suelo se enlista como el segundo factor más impactado a lo largo de los años, como también el segundo más importante por mejorar en sitios con presencia de erosión o contaminados por la acumulación de residuos sólidos. El recurso vegetación se enlista en el último lugar de impacto, así como el nivel de importancia para su recuperación (Figura 26).

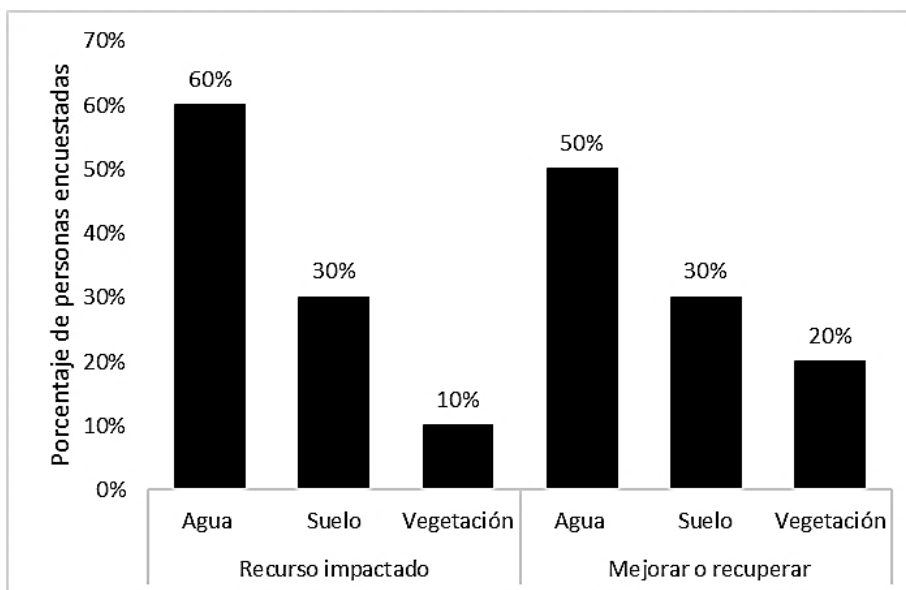


Figura 26. Categorización del impacto de los recursos agua, suelo y vegetación y el nivel de importancia para su recuperación o mejoría, para los productores.

Partiendo de este resultado, se considera que la propuesta debe estar basada a la recuperación del recurso hídrico, por lo que se propone una evaluación interactiva con los pobladores de la microcuenca, hacerlos parte del plan de trabajo a través de su autoevaluación como actores de cambio. Esto deberá ir acompañado de talleres de educación ambiental basados en la importancia de los recursos agua, suelo y vegetación, como una interrelación, de modo que, si bien el agua es el recurso más importante para ellos, este elemento está sujeto al estado de otros factores principalmente la vegetación seguido del suelo. Cuando una cuenca hidrográfica esta desprotegida o no se maneja adecuadamente en las partes altas, acarrea problemáticas tierras abajo como inundaciones, erosión hídrica, costos económicos, además de grandes volúmenes de agua perdidos (Sánchez et al., 2003).

En base a lo anterior, y como se mencionó, se planteó trabajar bajo tres líneas considerando los recursos antes mencionados, para cada una de ellas se asignaron niveles de intervención basadas en los recursos disponibles (Figura 27).

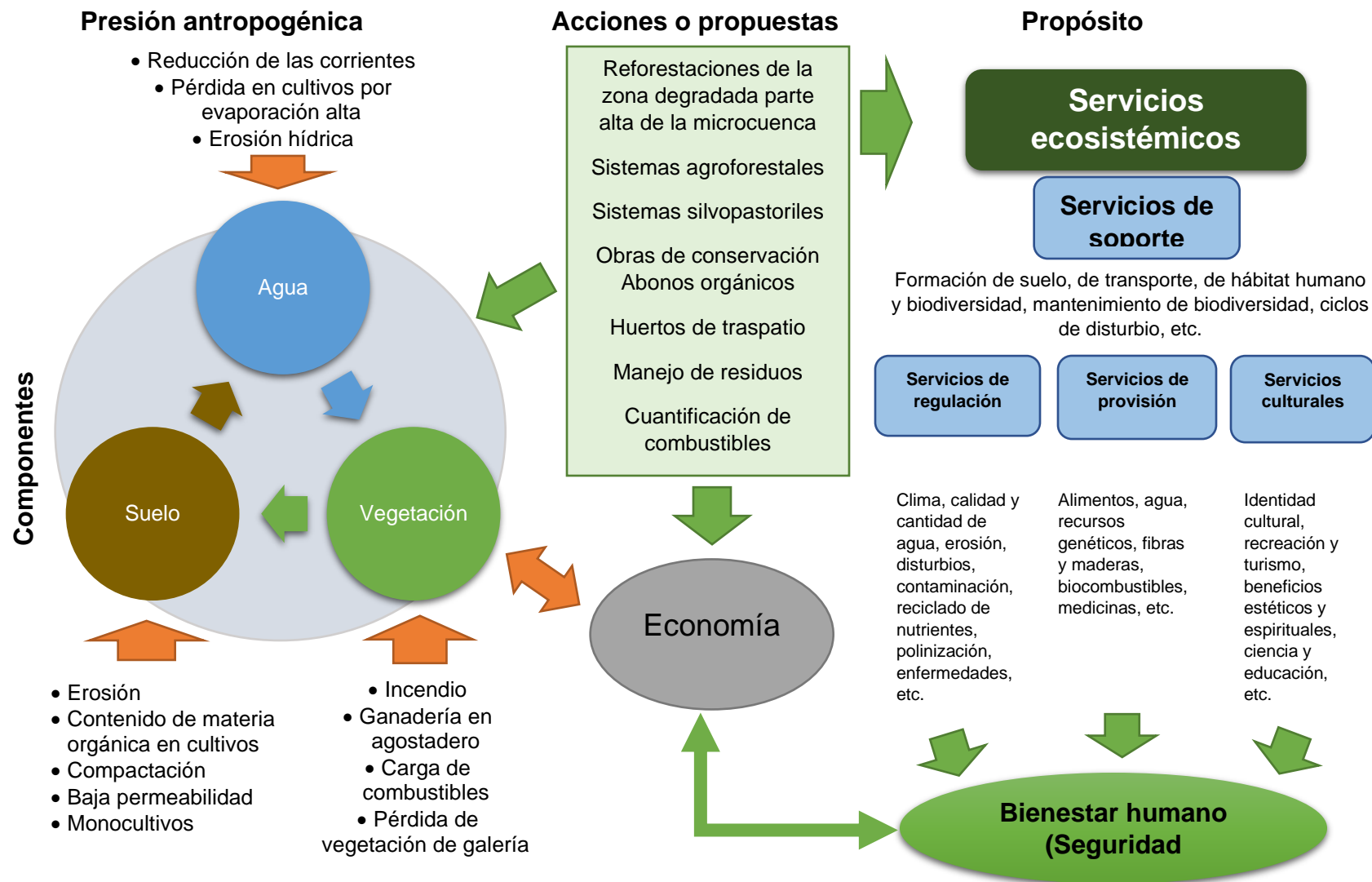


Figura 27. Líneas de acción para el manejo integral de la microcuenca Los Álamos (Elaboración propia).

2.1. Reforestación de la zona degradada parte alta de la microcuenca sobre curvas a nivel

Las medidas de restauración de cobertura forestal en vertientes tienen como objetivo incrementar la protección en calidad y cantidad de las fuentes de agua para consumo humano (Figura 28). La actividad agropecuaria está ejerciendo una presión sobre los ecosistemas protectores naturales del recurso hídrico.

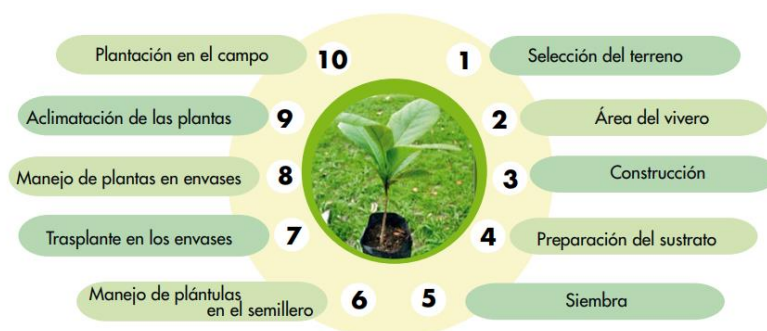


Figura 28. Pasos para el establecimiento de una reforestación (Piñuela et al., 2013).

2.1.1. Objetivo

Establecer una reforestación de la ladera degradada del Arroyo Los Álamos, siendo uno de los principales para el Cauce Río Pablillo en la microcuenca; el área total es de 27 ha, con una elevación mínima de 610 msnm y una máxima de 770 msnm; en total se referenciaron 24 líneas (Figura 29).

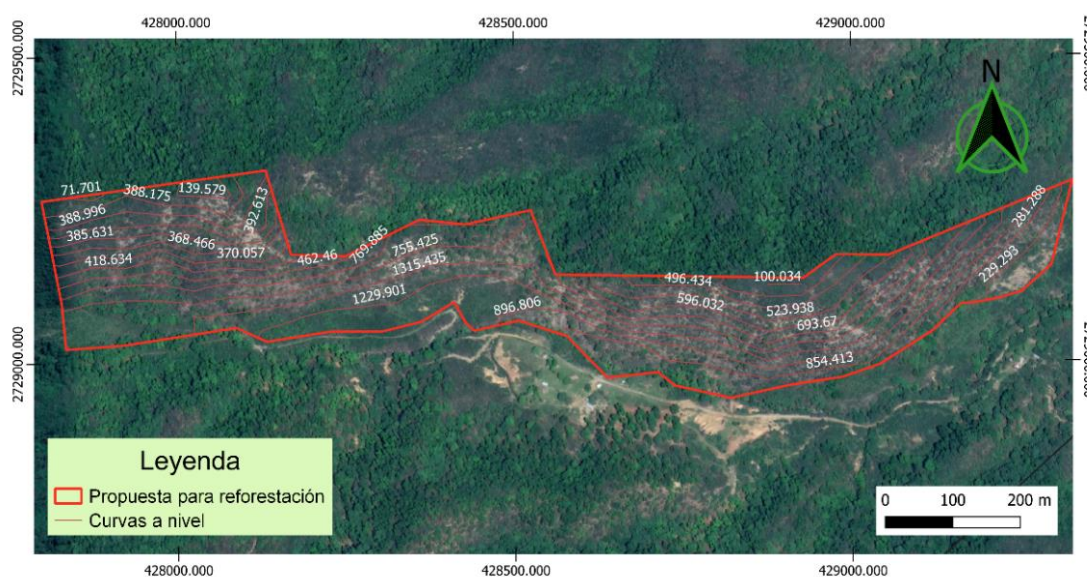


Figura 29. Localización del área para reforestación.

2.1.2. Selección de especies para la reforestación

Se eligió la especie de *Platanus occidentalis*; L., especie característica de los bosques de galería y nativo del área; la densidad de estos individuos ha ido en decadencia por tala, es recomendable para superficies poco extensas, además de ser una especie de rápido crecimiento y adaptarse a condiciones muy variadas y externas.

En la Tabla 21 se presenta la densidad de árboles para la reforestación, considerando las longitudes promedio de las curvas a nivel entre 15 y 25 cm aproximadamente y un espaciamiento de árbol de 5 metros, tomando en cuenta un diámetro de copa de 10 a 12 m para la etapa adulta y la presencia de vegetación arbustiva y arbórea en el sitio.

Tabla 25. Número de plantas para la reforestación en fajas sobre curvas a nivel.

Curva de nivel	Longitud (m)	Cantidad de planta
1	139.579	28
2	71.701	14
3	388.175	78
4	388.996	78
5	392.613	79
6	385.631	77
7	100.034	20
8	368.466	74
9	232.853	47
10	370.057	74
11	496.434	99
12	418.634	84
13	523.938	105
14	462.46	92
15	769.885	154
16	596.032	119
17	755.425	151
18	693.67	139
19	1315.435	263
20	1229.901	246
21	896.806	179
22	854.413	171
23	281.288	56
24	229.293	46
Total		2,473

2.1.3. Formación de vivero comunitario

Se deberá seleccionar un sitio para un techo con dimensiones de 8.40 x15 m. (Figura 30 y Tabla 22).



Figura 30. Formación de un techo de mallasombra para vivero.

Se establecen estantes cada 2.5 m a lo largo y a 2.1 m a lo ancho; deberán estar enterrados a una profundidad de 50 cm asegurando el soporte. Se instalará mallasombra al 70%.

Tabla 26. Presupuesto para formación de techo mallasombra de vivero.

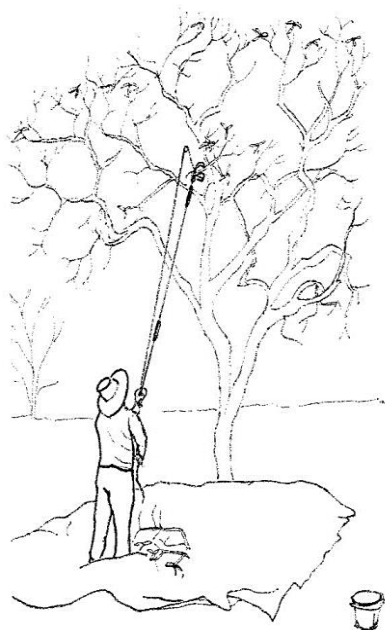
Material	Precio unitario, MN	Cantidad	Costo total
Estantes	\$50	23	\$1,150
Mallasombra	\$1,200	2 rollos	\$2,400
Mano de obra	\$200	5	\$1,000
Herramientas	n/a	n/a	\$2,000
Alambre galvanizado calibre 12.5	\$60	2 rollos	\$120
Gastos extra	n/a	n/a	\$500
Total			\$7,170 M.N.

El método de propagación será por semilla, para lo cual se deberán establecer sitios de colecta en árboles de porte riguroso, que tengan características físicas favorables (tallos rectos, coloración de hojas), no deben presentar signos de enfermedades o plagas.

Este espacio se denomina rodal semillero, que se conforma con al menos 50 árboles tomando en cuenta una distancia mínima de 20 m de separación entre ellos (Semarnat, 2018).

Para una reforestación ecológica se recomienda recolectar semillas de poblaciones cercanas al sitio a restaurar, para así aprovechar la adaptación local (mejor sobrevivencia y crecimiento) del germoplasma (Di Sacco et al., 2018).

2.1.4. Recolección de frutos



La colecta de frutos se deberá realizar de manera directa (Figura 31).

La época de colecta será entre los meses de noviembre a febrero.

La ruptura del fruto deberá hacerse con protección ante las fibras que puede soltar.

La semilla se debe almacenar en sitios con ventilación y frescos.

Considerando una germinación del 50%, una reposición en campo del 20%, se considera lo planteado en Tabla 23.

Figura 31. Colecta de frutos de forma directa.

Tabla 27. Semilla requerida para la plantación.

Plantas requeridas	50% germinación	20% reposición	Total semillas
2,473	2,473	990	5,936

2.1.5. Siembra

Los almácigos se pueden realizar en materiales reciclados o en cajas de madera construidas con materiales sobrante de carpinterías (Figura 32).



La profundidad será a 0.6 cm a una distancia de 10 cm, el sustrato será a una mezcla 55:35:10 de turba, vermiculita y perlita (sustratos ricos en materia orgánica y arenas de la zona).

Trasplante a envase: cuando la planta alcance los 10 cm de altura aérea.

Llenado de bolsas dejando 2 a 3 cm del borde

Se mantendrá con riego ligero para evitar encharcamientos y exposición de semillas.

Figura 32. Almácigos y envases de siembra.

2.1.6. Trasplante

Se pasan a las bolsas de vivero con cuidado de no maltratar la planta, se deberá dar mantenimiento y limpieza de malezas por lo menos cada 15 días, el riego será con una frecuencia de dos veces por semana (Tabla 24).

Antes del transporte de planta, se deberá aclimatar a mayor exposición solar gradualmente, así como la disminución de la frecuencia de riegos.

Tabla 28. Insumos requeridos para la producción de planta.

Material	Precio unitario	Unidades	Costo total
Mano de obra	\$200/día	5 personas/5 días	\$5,000
Herramientas	n/a	n/a	\$2,000
Bolsas de vivero	\$100/kilo (18x18 cm)	21 kilos	\$2,100
Gastos extra	n/a	n/a	\$500
Total			\$9,600 M.N.

2.1.7. Preparación del terreno

Metodología

- Se deberán marcar los puntos georreferenciados en campo (Figura 33).



Figura 33. Establecimiento de puntos para la plantación.

Para este sitio, se establecerán terrazas individuales para evitar introducir maquinaria y dañar la vegetación existente de la zona.

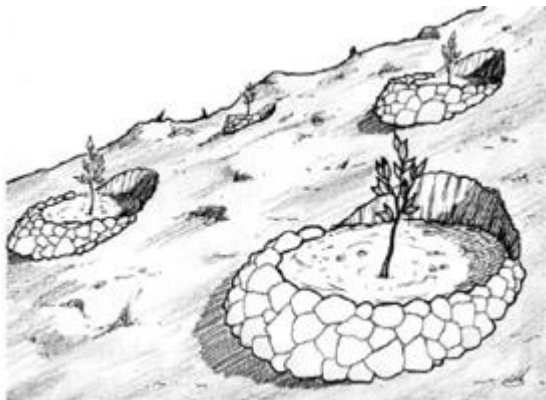


Figura 34. Terrazas individuales.

Se deberán formar círculos de por lo menos 1.0 m de diámetro con la ayuda de una estaca y una cuerda (Figura 34).

Excavar o rebajar la parte alta del círculo trazado, el material se arroja aguas abajo logrando que la terraza pueda almacenar un espejo de agua de

10 cm y el piso de esta quede a contrapendiente (Conafor, 2007).

2.1.8. Transporte de planta

Se deberá tener el mayor cuidado para el transporte de la planta, se debe tomar por el envase y evitar tocar la planta (Oliva et al., 2014). Se utilizarán cajas de plástico o madera y dos vehículos para su transporte (Figura 35 y Tabla 25).

No se deberán encimar las cajas y el traslado deberá hacerse en horas tempranas para evitar la exposición del sol y corrientes de aire.



Figura 35. Traslado de la planta al sitio de plantación.

Tabla 29. Insumos requeridos para establecimiento de planta

Concepto	Costo	Unidades requeridas	Total
Mano de obra	\$200 la jornada	10 personas/5 días	\$10,000
Acarreo de material	\$500 combustible/jornada	2 vehículos/5 días	\$5,000
Herramientas	\$10,000	n/a	\$10,000
Riego	\$5,000	n/a	\$5,000
Marcaje de terrazas individuales a curvas a nivel	\$5,000	n/a	\$5,000
Gastos extra	n/a	n/a	\$2,000
Total			\$37,000 M.N.

2.1.9. Protección y mantenimiento

El sitio deberá ser excluido para evitar el ingreso de ganado a la zona reforestada. Consistirá en la construcción de un cerco perimetral con estantes de madera y dos líneas de alambre.

El perímetro de la zona a reforestar es de 3,778 m; se establecerá un estante de madera cada 5 m con dos líneas de alambre de púas.

Este cerco es costoso debido a la cantidad de postes requeridos y al costo del alambre. Sin embargo, es el más generalizado debido a su rápida colocación, instalación y durabilidad (Conafor, 2010).

El replante de árboles dañados debe hacerse a la brevedad; nunca un año posterior a la plantación, la plantación deberá ser establecida antes de la época de lluvias para evitar grandes costos de riego de no ser necesarios (Oliva, 2014). Se deberán establecer los siguientes monitoreos e inversiones de las Tablas 26 a la 28.

Tabla 30. Monitoreo de la plantación.

Actividad	30 días	60 días	90 días	120 días	1 año	2 años	3 años
Monitoreo	X	X	X	X	X	X	X
Riego	X						
Reposición	X	X					

Tabla 31. Inversión requerida para el establecimiento de cerco de protección.

Concepto	Costo unitario	Unidades requeridas	Total
Mano de obra	\$400 la jornada	8 personas / 2 jornadas	\$6,400
Estantes	\$50	760	\$38,000
Alambre de púas	\$2,649 /1200 m	6 unidades	\$15,894
Acarreo de material	\$500 combustible/jornada	2 vehículos / 2 días	\$2,000
Herramientas	\$10,000	n/a	\$10,000
Mantenimiento	\$200 la jornada	8 personas / 2 jornadas	\$3,200
Riego	\$5,000	n/a	\$5,000
Gastos extra	n/a	n/a	\$2,000
		Total	\$82,494 M.N.

Tabla 32. Inversión total del proyecto.

Concepto	Unidades requeridas	Total
Colecta de semilla	1	\$7,170
Formación de vivero	1	\$9,600
Establecimiento de planta	1	\$37,000
Protección y mantenimiento	1	\$82,494
Total		\$136,264
\$/ha		\$5,050 M.N.

2.2. Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales son el uso de la tierra donde se combinan de manera temporal o espacial especies leñosas, cultivo(s) y ganado, utilizando prácticas de manejo adaptadas a la cultura local, que resulta en un sistema de producción sustentable, encaminado a aumentar los rendimientos de manera continua (Farrell & Altieri, 1997).

Los sistemas pastoril-silvícolas se definen como aquellas prácticas que combina árboles con praderas y producción animal en un mismo sitio o potrero, con el objetivo de mejorar la productividad en forma sustentable (Sotomayor et al., 2009); el principal propósito es aumentar la calidad de las pastas (Figura 37).

Se eligió el área de pastas para la propuesta de un sistema pastoril-silvícola; tiene un área de 5.49 ha y un perímetro de 1011.06 m (Figura 36). Se divide en tres poteros para seguir con la técnica de rotación como actualmente se está llevando a cabo.

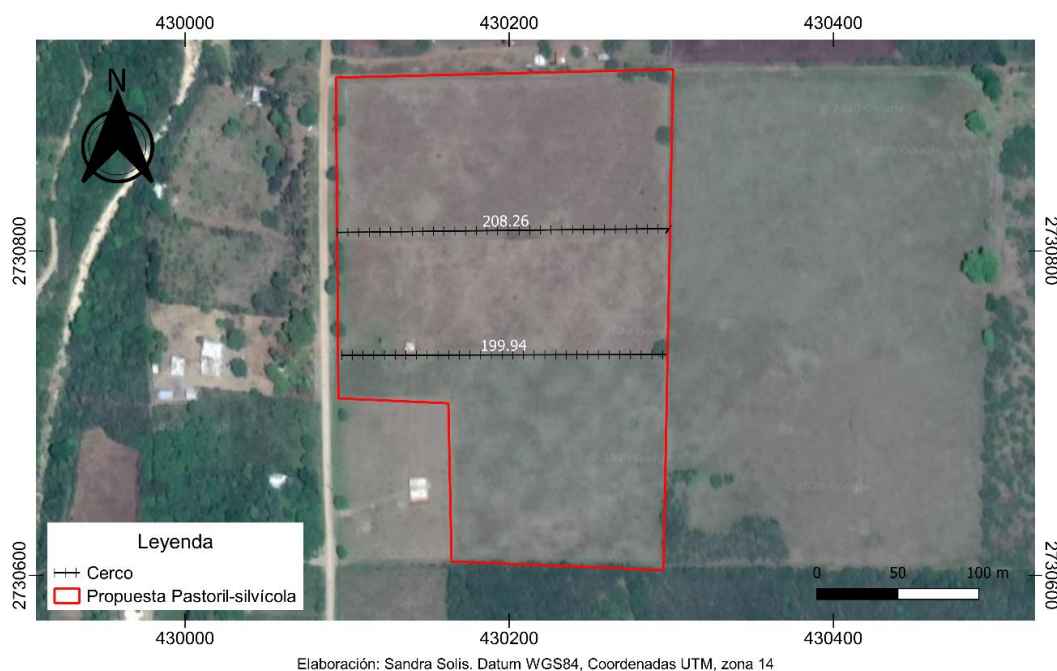


Figura 36. Área propuesta para un sistema pastoril-silvícola.

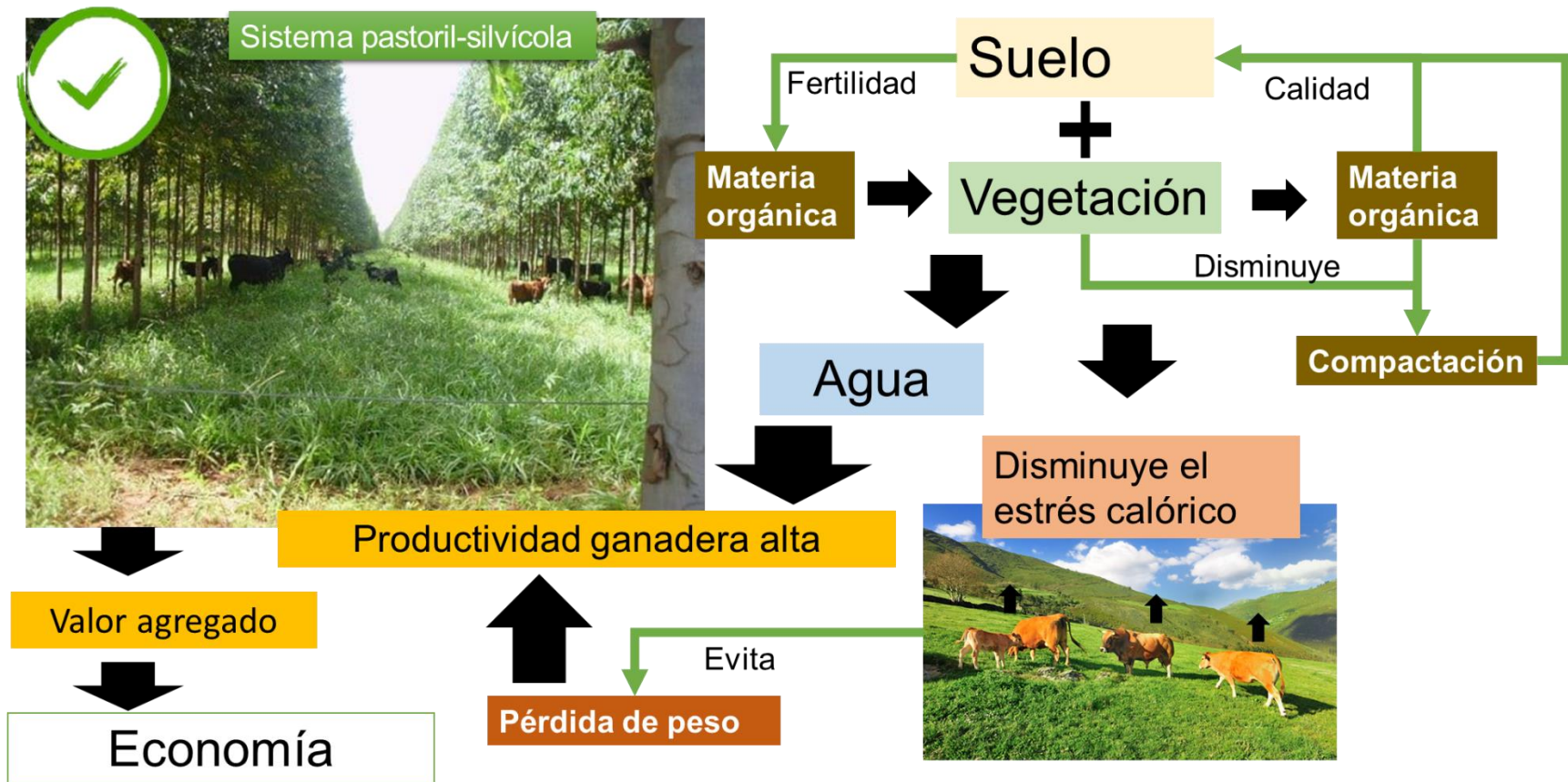


Figura 37. Beneficios interrelacionados de los sistemas pastoril-silvícola.

2.2.1. Componentes del sistema

- Realizar una combinación de árboles de *Prosopis leavigata* en franjas con sistema de riego por goteo para la suplementación en épocas de seca, incluyendo la producción de pastos forrajeros
- Implementar un cerco vivo con las especies *Cordia boissieri* y *Helietta parvifolia* especies con alta representatividad en el matorral submontano (Ríos, 2016).
- Aprovechamiento de vaina de *Prosopis leavigata* para producción de harina como suplemento para el ganado, además de ser un producto comercial para el consumo humano.

2.2.2. Selección de la especie *Prosopis leavigata*

Es un árbol con gran potencial para su cultivo en México, contiene hojas y frutos comestibles ricos en proteínas, proporcionan altas cantidades de energía, ofrecen un forraje nutritivo para el ganado. Es tolerante al calor y es resistente a las sequías. Su empleo permite el mejoramiento de la fertilidad y la salinidad del suelo (Palacios et al., 2016).

El mezquite tiene importancia como forraje, material de construcción y combustible; sus comunidades proporcionan sitios para recreación humana, refugio de fauna silvestre, fuente de néctar para abejas y otros insectos, es importante también en la retención del suelo, ya que previene el proceso de desertificación (Tabla 29) (Sauceda et al., 2014).

Tabla 33. Importancia etnobotánica de las especies seleccionadas (Saucedo, 2011; Ríos, 2016).

Especie	Usos					
<i>Prosopis leavigata</i>	1	2	3	4	5	8
<i>Cordia boissieri</i>	1	3	5	6	8	
<i>Helietta parvifolia</i>	3	4	5			

1-Medicinal, 2-Comestible, 3-Maderable, 4-Dendroenergética, 5-Forrajero, 6-Ornamental, 7-Cortidurías, 8-Melíferas, 9-Tóxicas

2.2.3. Importancia nutrimental del Mezquite

La utilidad de la vaina del mezquite como suplemento para el ganado se ha destacado anteriormente (Andrade et al., 2011; Ríos et al., 2012) debido a sus contenidos de proteína (15-21%) y azúcares solubles (20%), que aumenta su palatabilidad (Taweel et al., 2005).

Armijo et al. (2019), en el estudio sobre el uso la vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) como alimento para el ganado caprino en el semidesierto, demuestra al igual que autores en años anteriores, que no existe una diferencia significativa para el contenido energético entre vainas maduras o tiernas. Coincide con Andrade et al. (2011), quien encontró que el tostado no afectó ($p>0.05$) la digestibilidad ni modificó el contenido y la actividad de los factores antinutricionales (Tabla 30).

Tabla 34. Contenido energético de vainas de mezquite de acuerdo con el nivel de maduración (Armijo et al., 2019).

Componente	Vainas	
	Tiernas	Maduras
Total de nutrientes digestibles (%)	45.736 a	41.1 a
Energía digestible (Mcal kg ⁻¹)	2.0124 a	1.8084 a
Energía metabolizable (Mcal kg ⁻¹)	1.6501 a	1.4829 a
Energía neta de mantenimiento (Mcal kg ⁻¹)	0.799 a	0.6317 a
Energía neta de ganancia (Mcal kg ⁻¹)	0.2776 a	0.1154 a
Digestibilidad de la materia seca (%)	66.69 a	64.81 a
Digestibilidad de la materia orgánica (%)	55.27 a	55.41 a

La letra en el valor indica la igualdad estadística (Tukey, 0.05)

2.2.4. Establecimiento de los árboles en franjas

Se realizarán 9 líneas con plantación de mezquite, con 9 árboles y las más cortas con 6 individuos, separadas cada 30 m entre sí y los árboles estarán cada 20 m uno de otro para que sus copas puedan extenderse proporcionando mayor cobertura para el ganado. En total se necesitan 75 plantas de mezquite. Se

establecerá un cerco vivo perimetral en un acomodo de 5 m entre individuo, se utilizarán 101 árboles por especie (Figura 38).

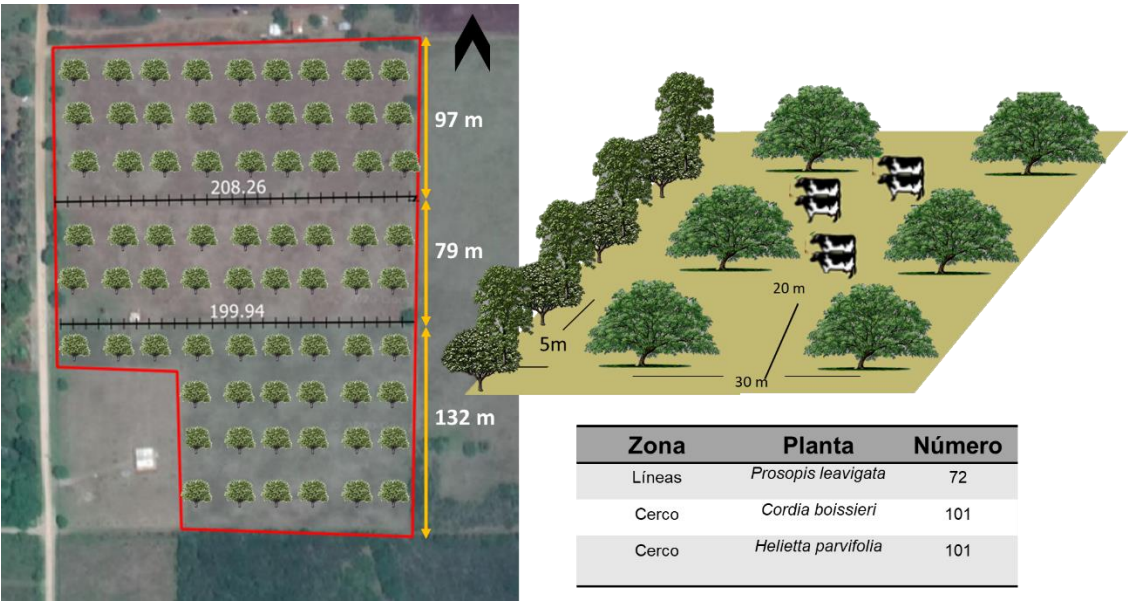


Figura 38. Acomodo del sistema pastoril silvícola y cantidad de planta necesaria

El establecimiento se realizará en secciones, permitiendo el crecimiento de los árboles al mismo tiempo que se realiza la rotación de potreros. Para este sitio no será necesaria la inducción de pastos, puesto que ya cuentan con pastizales de regeneración natural.

2.2.5. Valor agregado de las vainas de mezquite

La vaina de mezquite además de tener un alto valor nutrimental para el ganado también figura en el mercado, principalmente por la venta de harina, alimentos como galletas y miel. Sin embargo, en la actualidad no es aprovechada como alimento para humanos, debido al desconocimiento de su contenido nutricional, por lo que los volúmenes densos producidos, se convierten solo en desechos (Soto et al., 2014).

Lo anterior representa una oportunidad para los productores que se dedican a la ganadería como actividad principal, además de poder emplear a mujeres de la región para el procesamiento de productos para venta (Figura 39).

Mercado de productos derivados de la especie *Prosopis leavigata*



Monterrey, Costo: miel de mezquite \$130/kg. San Miguel de Allende, costo de harina de mezquite \$488/kg

Figura 39. Productos derivados de la vaina de mezquite.

2.2.6. Monitoreo

Se deberán realizar actividades de poda para los mezquites cada 6 meses los primeros 2 años para favorecer su crecimiento ya que se busca una altura de copa elevada para que pueda proveer cubierta al ganado.

Es de suma importancia se realicen actividades de vigilancia para la detección de alguna plaga o enfermedad en las especies arbóreas del sistema.

Se considera un 20% adicional para las especies seleccionadas; esto permitirá la reposición de los árboles que no sobrevivan. En total se necesitarán 87 árboles de mezquite, 122 de *Cordia boissieri* y 122 de *Helietta parvifolia* (Tabla 31).

Tabla 35. Inversión para el establecimiento de un sistema pastoril-silvícola

Cantidad	Concepto	Precio unitario	Total
87	Planta de mezquite	\$100/1mto alto	\$8,700
122	Planta de anacahuita	\$50/1mto alto	\$9,760
122	Planta de barreta	\$80/1mto alto	\$9,760
1	Traslado de material y planta	n/a	\$5,000
1	Plantación	\$200/jornal	\$2,000
4	Mantenimiento (poda)	\$200/jornal	\$8,000
n/a	Gastos extra	n/a	\$1,000
Total			\$44,220
Costo/ha			\$8,055 M.N.

2.3. Financiamiento

Estos proyectos están sujetos a la financiación por medio de subsidios del gobierno federal, uno de los programas activos es el Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2020. El programa aplicable es Restauración Forestal de Microcuencas y Regiones Estratégicas (RFM).

Además, se podrá acceder al Componente IV. Protección Forestal (PF), para inventario de carga de combustibles forestales, con el fin de minimizar el riesgo de incendio forestal.

Sección VI-Artículo 24: Los ejidos o comunidades no están obligados a inscribirse en el Registro Federal de Contribuyentes, podrán proporcionar la clave expedida por el Padrón e Historial de Núcleos Agrarios (PHINA).

También tienen la oportunidad de acceder a MFCCV.1.1 Mejores prácticas de organización social, con el objetivo de apoyar en el desarrollo de acciones de planeación estratégica con el fin de identificar la problemática local, analizando y eligiendo las alternativas para cubrir las necesidades de formación, capacitación, inversión, innovación y asistencia técnica, enfocadas al fortalecimiento de los procesos productivos; así como impulsar el desarrollo de ejidos y comunidades con base a una buena organización y el uso sustentable de sus recursos forestales, en un proceso que permita identificar, difundir y promover las buenas prácticas, fijando sus alcances y limitaciones.

Lo anterior puede dar paso al cumplimiento del Artículo 108 de la Ley Agraria que establece que las mujeres pertenecientes a un núcleo agrario sin importar el carácter que tengan dentro del mismo podrán organizarse como Unidad Agrícola Industrial de la Mujer y éstas a su vez en uniones, cumpliendo con los requisitos que señala el presente Título. La denominación social irá seguida de las palabras Unidad Agrícola Industrial de la Mujer o su abreviatura, UAIM.

Los proyectos planteados en esta investigación como propuestas de manejo integral sustentable están dentro de los montos establecidos por el Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2020.

DISCUSIÓN

Es importante caracterizar en que grado de aridez que se encuentra el sitio de estudio para cualquier práctica de manejo, la representatividad de los datos para la generación del SPI puede ser ambiguo para esta región debido a la falta de datos de casi una década del año 1986 a 1997, incluso en todas las estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca existe este sesgo de información. Por otra parte, sólo considera la variable precipitación. Por lo anterior, Serrano et al. (2010), proponen el índice denominado Índice estandarizado de precipitación-evapotranspiración (SPEI), añadiendo más variables como la temperatura media por lo que su carácter multiescalar le permite mayor seguridad para la predicción de sequías. Para el presente estudio, se considera suficiente el uso del SPI al no presentar eventos de sequías frecuentes y los datos se encuentran en un 90% dentro de la categoría “Normal o casi normal” para la región.

Por otro lado, además de las condiciones climáticas de una región, el suelo es el elemento primordial para el desarrollo de cualquier cultivo, por ende, el abastecimiento de alimentos para el ser humano, coincidiendo con Yáñez (2017), quién sugiere que los cambios de uso de suelo son esenciales para el desarrollo económico y social.

Los sitios que presentaron mayores cambios fueron los usos de Pastas y Agricultura. Medina et al. (2009), mencionan que la agricultura con maíz presenta una tendencia hacia la disminución del pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, y aun cuando sus niveles son todavía adecuados para la producción, esto podría marcar el inicio de una etapa de deterioro del suelo, por ello es fundamental adoptar prácticas lo más natural posible y evitar la desertificación del sitio.

La variable densidad aparente (DA) es mayor a una profundidad de 10-30 cm en 3 de los 4 usos exceptuando el uso de Pastas. Estos resultados difieren con los observados por Calderón et al. (2018) quien encontró un aumento de DA conforme aumenta la profundidad; este sitio presenta una DA igual ($p > 0.05$) con

Agricultura para la profundidad de 0-10 cm a pesar de la diferencia inversa que existe entre la actividad de pastoreo y la labranza. Esta condición se debe principalmente a la presencia de raíces en ambas profundidades. Ocurre la misma situación para los usos de Matorral y Plantación, pero en condiciones similares (presencia de materia orgánica en la superficie), sin embargo, difieren en la profundidad 10-30 cm. Está fue mayor en el uso Matorral y puede atribuirse a que la compactación por ganadería en agostadero es mayor que la de mantenimiento a los árboles de nogal.

Para esta investigación, las condiciones naturales o mecánicas que propician el %Porosidad (Po) son diversas. El uso de suelo Matorral y Plantación están ligados a la presencia de materia orgánica; el uso de Agricultura a la labranza, mientras que el uso de Pastas esta propiciado por la presencia de vegetación (pastos y anuales) con un sistema radicular amplio. González et al. (2012), menciona que los pastos permiten el desarrollo de una estructura granular fuerte, esto favorece el balance de macro y microporos,

Los usos de Agricultura y Pastas presentaron los contenidos más bajos de Materia Orgánica (MO) y Carbono Orgánico (CO) vinculado al manejo que se les da a estos terrenos. La abundancia de residuos orgánicos propicia microhábitats para organismos como hongos y lombrices cumpliendo procesos de simbiosis a través de la obtención de energía y la aportación de nutrientes insolubles para el suelo y mejoran las propiedades físicas y químicas de este. Martínez et al. (2008), encontraron una alta correlación entre el número de lombrices y el porcentaje de CO anudado a periodos de labranza cero de 3 y 6 años. Esto demuestra que el uso conservacionista de suelos agrícolas favorece la acumulación de C en forma orgánica en el suelo; la cantidad de CO es determinante para la productividad del suelo. En términos prácticos, es necesario plantear alternativas de manejo que permitan una mayor acumulación de MO/CO en las zonas de cultivo, algunas de ellas pueden ser la adopción de sistemas agroforestales, la elaboración de abonos orgánicos y lombricomposta.

El uso de plantación (nogal) fue el que mayor salinidad presentó con respecto a los usos de Matorral, Agricultura y Pastas; esta condición está dada a la baja permeabilidad. Se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) a las dos profundidades para este sitio, difiriendo con Grageda (2011) quien observó en huertas de nogal que la acumulación de sales no presenta diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre las profundidades 0-5 cm y 5-40 cm. Además, menciona que es importante realizar un manejo del agua de riego diferente que permita el lavado de sales del área circundante de las raíces de nogal. La reacción del suelo (pH) presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) por los cambios de uso de suelo, aunque estos usos no intervienen en el rango favorable en el que se encuentra, ideal para muchos cultivos, coincidiendo con Yáñez et al. (2018) con los mismos usos de suelo con un suelo de tipo Vertisol en la misma región.

Coincidiendo con Cantú et al. (2018), lo anterior sugiere que no existe limitación de cultivos, y no hay presencia de sales que desplieguen un impacto negativo en la productividad. Los valores de pH se encuentran entre 5.8 a 7.5, siendo esto favorable para la mayoría de los cultivos de acuerdo con Rodríguez y Rodríguez, (2002).

La textura del suelo Luvisol con altos contenidos de arcilla en todos los usos de suelo genera terrenos con baja permeabilidad por lo que el suelo permanece húmedo durante un tiempo prolongado, esta condición genera una baja capacidad de soporte y un mayor daño estructural al generar presión por pisoteo (Taboada, 2007); a esto se le llama deformación superficial generando aumentos en la DA descensos en la Po y una conductividad hidráulica saturada (Medina, 2016).

CONCLUSIONES

Existe un gran interés por recuperar la productividad del pasado por lo que la adopción de sistemas más rentables y de manera sustentable podrían asegurar un incremento en la productividad en un periodo de corto plazo y cubrir las necesidades socioeconómicas de los pobladores.

Los cambios de uso de suelo influyen en las propiedades físicas e hidrográficas, acompañadas de la compactación por la maquinaria y el pastoreo del ganado en un suelo de tipo luvisol. Se encontraron diferencias entre los cuatro usos estudiados; el uso de suelo de Pastas presentó la mayor densidad aparente y la menor infiltración, así como un bajo contenido de materia orgánica.

El uso de suelo Plantación, es el que menos difiere del uso Matorral (testigo) para las variables densidad aparente, porosidad, carbón orgánico y materia orgánica. Estos dos usos fueron los que presentaron el mayor contenido de materia orgánica. También es posible visualizarlo por la clasificación de color de marrón oscuro a marrón muy oscuro.

La materia orgánica mostró alteraciones en los cambios de uso de suelo de Agricultura y Pastas. El descenso de esta variable se debe principalmente a la falta de vegetación arbórea de estos sitios; la práctica de labranza de las tierras para el sitio de Agricultura propicia a que la materia orgánica se concentre en la segunda profundidad. Esta variable no difiere del uso Matorral. De acuerdo con la clasificación del contenido de carbono para un suelo arcilloso, los sitios se encuentran en una clasificación que va de mediano a alto.

El suelo de tipo luvisol contiene altos porcentajes de arcilla. Estos valores influyen en la permeabilidad de los suelos, condición que propicia pérdidas de agua por la alta evaporación en el sitio o escorrentía, por lo que los cultivos no pueden aprovecharlo de manera eficiente. La adopción de sistemas agroforestales podría mejorar esta condición para los sitios de Agricultura y Pastas aumentando el contenido de materia orgánica. El uso con menor permeabilidad es el de Pastas por el alto grado de compactación resultado de la actividad ganadera.

La conductividad eléctrica aumentó para el uso de Plantación, aunque no difiere en gran medida del uso Matorral (testigo) y la primera profundidad de Agricultura. El que menor CE reportó fue el uso Pastas a pesar de la baja permeabilidad y el contenido de estiércol. Los niveles de salinidad se encuentran en una clasificación muy escasa para todos los sitios, situación favorable para cualquier cultivo o práctica de manejo.

La correlación de variables demuestra que la conductividad eléctrica y %Arena está directamente relacionada a otras variables como materia orgánica, carbono orgánico y pH en la primera profundidad (0-10 cm), mientras que para la variable densidad aparente sucede de manera negativa. La textura del suelo luvisol arcilloso no interviene en las propiedades fisicoquímicas excepto en la densidad aparente.

La variable pH presentó diferencias significativas para todos los usos de suelo. La diferencia se presentó en Plantación con respecto a los demás usos y no se ve alterado por la profundidad. Los valores de pH para todos los usos se encuentran en un rango de moderadamente ácido a moderadamente alcalino.

El contenido de arcilla fue alto para todos los usos. El Matorral presentó diferencias significativas para todos los demás usos, a partir de esto se considera que la condición de suelo con una textura arcillosa se debe principalmente a los cambios de uso de suelo.

En general el suelo Luvisol bajo cambios de uso de suelo se encuentra en transición para generar cambios físicos y químicos de mayor impacto en un periodo de mediano a largo plazo si las prácticas de manejo se continúan haciendo como hasta ahora. Para poder revertir estos cambios y aumentar la productividad, será necesario implementar métodos de remediación biológicos, principalmente incluyendo mayor cobertura vegetal con sistemas radiculares de alta profundidad para lograr además de la estabilidad del suelo, una mejora en la estructura interna que permita una mayor captación de recurso hídrico.

El presente estudio pretende servir de base de información en las labores de planificación estratégica, dirigidas para el desarrollo de nuevas técnicas de producción en el sector agropecuario y a la población rural mediante la implementación de “Escuelas de Campo” y/o apoyo a los productores para acceder a programas de apoyo federal para la restauración de suelo y vegetación, específicamente en la Microcuenca “Los Álamos”.

BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, C. R. M. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 23 (1), 91-102. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2005000100009&lng=en&tlng=es.
- Andrade, M. H. M.; Cordova, T. A. V.; García, G. T. and Kawas, J. R. (2011). Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mezquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp.). *Small Ruminant Research*. 98(1),83-92. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.03.023
- Armijo-Nájera, M. G., Moreno-Reséndez, A., Blanco-Contreras, E., Borroel-García, V. J., & Reyes-Carrillo, J. L. (2019). Vaina de mezquite (*Prosopis* spp.) alimento para el ganado caprino en el semidesierto. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(1), 113-122. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1728>
- Cotler, Á. H., Galindo, A., A., González, M. I. D., Pineda, L. R. F., & Ríos, P. E. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión: Cuadernos de divulgación ambiental*. (1era Ed.). Guadalajara: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 36pp.
- Ballesteros, E. R., & Carrión, D. S. (2007). *Turismo comunitario en Ecuador: desarrollo y sostenibilidad social*. Quito: Abya Yala.
- Bautista, A., Etchevers, J., Del Castillo, R.F., & Gutiérrez C. (2004). La Calidad del Suelo y sus Indicadores. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*. Ecosistemas;13(2):90-97.
- Bengoa, C. C. (2009). Mujeres, sostenibilidad y deuda social. *Revista de Educación*, (1), 169-191.
- Blanco, C. H. & Lal, R. (2010) Conservación de suelos y aguas. Principios de conservación y manejo de suelos. Nueva York: Springer, Dordrecht. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8709-7_1. ISBN en línea 978-1-4020-8709-7.
- C.P. Colegio de Postgraduados Chapingo (1997). Manual de conservación del suelo y del agua. México Editores, México.
- Calderón-Medina, C. L., Bautista-Mantilla, G. P., & Rojas, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Orinoquía*, 22(2), 141-157. doi: <https://dx.doi.org/10.22579/20112629.524>

Cantú, S. I. & González, R. H. (2014). Capítulo 4. Suelos y aguas superficiales. In López, Á. L., & Moreno, M. P. (Eds.), *Región Citrícola de Nuevo León. Su complejidad territorial en el marco global* (1era ed., pp 61-75). Ciudad Universitaria Coyoacán, México, D. F.: Ed. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Cantú, A. C., Uvalle, S. J., González, S. F., & Herrera, F. B. (2018). Assessment of the conservation status of the watersheds of Nuevo León, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50), 140-173.

Carrie, J. (2004). *Manual de manejo de cuencas*. Editorial World Vision, El Salvador.

Castellanos, J.Z., Uvalle, J.X. & Aguilar A. 2000. *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*. (2da Ed). Colección INCAPA., México. 226 p.

Comisión Nacional del Agua. CONAGUA. (2018). Estadísticas del agua en México. Consultado el 19 de octubre de 2020, de Sistema Nacional de Información del Agua Sitio web: http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/AAM_2018.pdf

Comisión Nacional del Agua-Sistema Meteorológico Nacional. Conagua-SMN. (2010). Red de Estaciones Climatológicas. México. Consultado el 27 de agosto de 2019 en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>.

Comisión Nacional Forestal. CONAFOR. (2007). *Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de Obras y Prácticas*. Tercera (3era Ed). SEMARNAT. Zapopan, Jalisco, México. 298p.

Comisión Nacional Forestal. CONAFOR. (2010) *Prácticas de reforestación. Manual básico*. (1era Ed), Zapopan, Jalisco, México. 66p.

Das, B. (2002). *Soil Mechanics Laboratory Manual* (Sixth). New York: Oxford University Press. 215p.

Di Sacco, A. W. M.; Leon, L. P. & Suarez, B. C. I. (2018) *Manual de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestres*. V1.2. Royal Botanic Gardens Kew.

Domínguez, C. H. D. (2016). Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo producidas por la quema controlada de vegetación en el municipio de Cumaribo, Departamento del Vichada. Tesis para optar al título de Magíster Scientiarum en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Caldas. Manizales. 114pp.

Falkenmark M., Fox, P., Personn, G., & Rockstrom J. (2001). Water harvesting for upgrading of rainfed agriculture, problem analysis and research needs.

Stockholm International Water Institute (SIWI), Sweden. Indiana University. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10535/5297>

Farrell, J. G., & Altieri, M. A. (1997). Capítulo 12, Sistemas agroforestales. In Altieri, M. A., et al (Eds) *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. (pp. 229-243). La Habana Cuba: Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo.

Fondo de Agua Metropolitano de Monterrey. FAMM. (2018) PLAN HÍDRICO NUEVO LEÓN 2050. Consultado el 19 de agosto de 2020, en <http://famm.mx/wp-content/uploads/2018/10/Plan-Hi%CC%81drico-NL-2050.pdf>.

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. FCEA, A.C. (2017). *Reporte por Laura Schober: El agua potable está por agotarse, causas y soluciones*. Publicado el 07 septiembre 2017. Debate. Consultado en: <https://agua.org.mx/agua-potable-esta-agotarse-causas-soluciones/>

Gabriels, D., Lobo, D., & Pulido, M. (2011). Métodos para determinar la conductividad hidráulica saturada y no saturada de los suelos. *Revista Venesuelos*, 14(1), 7-22. Obtenido de <http://saber.ucv.ve/handle/123456789/4158>

González-Barrios, J. L., González-Cervantes, G., & Chávez-Ramírez, E. (2012). Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(1), 21-32.

Grageda-Grageda J., Sabory-Palma, R., Valenzuela-Martínez, A., Quijada-Flores, A., Núñez-Moreno, J. H., & Rodríguez, J. C. (2011). *Salinidad del suelo en huertas de nogal pecanero Carya illinoensis (Wangenh.) K. Koch*. *Revista Biotecnia*, 13(3), 22-27. doi: <https://doi.org/10.18633/bt.v13i3.95>

Hasnawir, Sánchez, C. L., & Cantú, S. I. (2018). *Análisis del riesgo de erosión para la prevención de desastres en la caldera del Mt. Bawakaraeng, Indonesia*. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(50), 479-494. doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.251>

Honorato, R. 2000. *Manual de edafología*. (4ta Ed). Alfaomega. México. 267 p.

Horowitz, A.J. & Walling, D.E. (2011). Sediment Budgets. International Association of Hydrological Sciences IAHS Press., 292(2), pp. 262-270. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53199-5.00039-7>

INECOL (2004). El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. In Casillas, G. J. A. *El manejo integrado de cuencas en México. Estudios y reflexiones para reorientar la política ambiental*. Programa Nacional de Microcuencas: Una Estrategia de Desarrollo Integral. 259 – 275 p.

INEGI (2001a). Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas. Consultado 28-10-2020 en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267575>

INEGI (2001b). Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Subprovincias fisiográficas. Consultado 28-10-2020 en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267599>

INEGI (2001c). Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Sistema de Topoformas. Consultado 28-10-2020 en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267582>

INEGI (2004) Metadatos. Consultado 28-03-2019 en <https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/hidrografia/>

INEGI (2006). Conjunto de Datos Vectorial Edafológico. Escala 1:250 000 Serie II Continuo Nacional Linares. Consultado el 28-03-19 en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825236120>

INEGI (2017). Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación Escala 1: 250 000. Serie VI (Conjunto nacional). Consultado el 28-03-2019 en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463598459>

INEGI (2013). Carta edafológica, G14-11, escala 1:250 000. Serie II. Continuo Nacional Linares, Nuevo León., México. Consultado el 28-03-2019 en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825236120>

Jáquez, C. J. (2006). Comisión Nacional del Agua. *Situación actual del agua en México*. 104pp.

Juárez, M., Sánchez, J. & Sánchez, A. (2006). Química del suelo y medio ambiente. (1era ed.). Textos docentes. España: Publicaciones Universidad de Alicante. 743 p.

Martínez, H. E., Fuentes, E. J. P. & Acevedo, H. E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>

McKee, T.B., N.J. Doesken & J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim, California, 17 a 22 de enero de 1993. American Meteorological Society, Boston, 179–184.

McPhee, J. E., Aird, P. L., Hardie, M. A., & Corkrey, S. R. (2015). The effect of controlled traffic on soil physical properties and tillage requirements for vegetable production. *Soil and Tillage Research*, 149, 33–45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.12.018>

Medina M, J., Volke H, V. H., Galvis S, A., González R, J. M., de Jesús S C, M., & Cortés F, J. I. (2009). Propiedades químicas de un Luvisol después de la conversión del bosque a la agricultura en Campeche, México: *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 217-235. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=437/43713059003>

Medina, M. C. (2016). Effects of soil compaction by trampling of animals in soil productivity. *Remediations. Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 8(1), 88-93. doi: <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n1.2016.229>

Navarro, B. A., Figueroa, S. B., Martínez, M. M., González, C. F., & Osuna, C. E. S. (2008). Indicadores físicos del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Agricultura técnica en México*, 34(2), 151-158. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000200002&lng=es&tlng=es.

Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., & Tucto, A. (2014). *Vivero Forestal para producción de plántones de especies forestales nativas: Experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú*. Ministerio de Agricultura y Riego–SERFOR, Chachapoyas (Perú).

ONU-DAES. (2014). El agua, fuente de vida. 03/12/2019, de Organización de las Naciones Unidas Sitio web: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/asia.shtml#:~:text=En%20la%20región%20de%20Asia%20y%20el%20Pacífico%20vive%20el,la%20mayoría%20del%20mundo>.

Organización Meteorológica Mundial. OMM. (2012). Índice normalizado de precipitación, Guía del Usuario. 28/04/2020, de OMM Sitio web: https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf

Palacios, R. A., Rodríguez, L. R., Hernández, F. M. de la L., Jiménez, M. E., & Tirado, T. D. (2016). Distribución potencial de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston basada en un modelo de nicho ecológico. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(34), 35-46. Obtenido de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322016000200035&lng=es&tlng=es.

Piñuela, A., Guerra, A., & Pérez, E. (2013). *Guía para el establecimiento y manejo de viveros agroforestales*. San Javier-Yaracuy, Venezuela: Fundación para la Investigación Agrícola Danac.

Porta J., López-Acevedo M. y Poch R. 2011. *Introducción a la edafología. Uso y protección de suelos*. (2da. Ed.). Madrid: Mundi-Prensa. 535 p.

Ramírez, C. R. (1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos*. (1era ed.). Boletín Informativo, Santafé de Bogotá, OC: Ed. Produmedios

RAN. (2017). Padrón e historial de núcleos agrarios (PHINA). Consultado el 28-03-2019 en <https://phina.ran.gob.mx/>

Reyes, R.G. (2000). *Evaluación de la Desertificación en la Subcuenca "Río Limón" en el estado de Nuevo León mediante Sistemas De Informática Geográfica*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. 88 p

Ríos, R. Á. (2016) *Etnobotánica de los Recursos Vegetales, sus Formas de Uso y Manejo, en Bustamante Nuevo León, México*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. Nuevo León, México. 88p.

Rodríguez H y Rodríguez J. (2002). *Métodos de análisis de suelos y plantas. Criterios de interpretación*. México: Trillas. UANL, 196 p.

Rodríguez, O. (2010). *Conservación de Suelos y Agua: Una premisa del Desarrollo Sustentable*. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas, Venezuela.

Sánchez, V. A. S., Núñez, G., & Trujano, P. (2003). *La cuenca hidrográfica unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales*. 49p. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Sauceda, E. N. R., Martínez, G. E. R., Valverde, B. R., Ruiz, R. M., Hermida, M. D. L. C. C., Torres, S. M. M., & Ruiz, H. H. P. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. 10(3), 173-193. México: Ra Ximhai.

Saucedo, Q. E. (2011). *Estudio Etnobotánico de Especies Arbustivas y Arbóreas en los Municipios de Linares y Hualahuises, Nuevo León, México*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Nuevo León, México. 141p.

SEDESOL. (2013). Indicadores de Marginación. 25 de agosto de 2019, de Secretaría de Desarrollo Social Consultado el 26-06-2019. En: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/indiMarginacLoc.aspx?refnac=190330008>

Semarnat (2016). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales*. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. 498p. Ciudad de México, México: Semarnat.

Semarnat (2018). *¿De dónde vienen las semillas para reforestar?* Consultado el 14-noviembre-2020. En: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/de-donde-vienen-las-semillas-para-reforestar-178203>

Semarnat. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. 85 p. Diario Oficial de la Federación. México.

SIATL, (2010). | SIMULADOR DE FLUJOS DE AGUA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS. INEGI. Consultado el 05-10-2019. En: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/

SNIARN, Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales, (2013). Informe del Medio Ambiente 153 – 190 p. Consultado 28-03-2019 en <https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe15/tema/cap3.html#tema2>

Soto, X., Fernández, K., & Ruiz, M. (2014). *Aprovechamiento del fruto del mezquite (prosopis glandulosa y prosopis spp) en la zona de San Luis Rio Colorado, Sonora, para la elaboración y comercialización de harina de alto valor nutricional*. de Ramos, M., & Aguilera, V. (eds.) Ciencias Agropecuarias, Valle de Santiago, Guanajuato. Handbook -©ECORFAN.

Sotomayor, G. A., Moya N. I. A., & Teuber W. O. R. (2009). Manual 41: *Manual de establecimiento y manejo de sistemas silvopastorales en zonas patagónicas de Chile*. Chile: INFOR.

SPSS, S. (2001). spss. SPSS for Windows. Release, 11(1).

Taboada, M.A. (2007). *Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa. 4º Simposio de Ganadería en Siembra Directa*. 1-13pp

Taweel, H. Z.; Tas, B. M.; Smit, H. J.; Elgersma, A.; Dijkstra, J. & Tamminga, S. (2005). Effects of feeding perennial ryegrass with an elevated concentration of water-soluble carbohydrates on intake, rumen function and performance of dairy cows. 121(3):243-256. *Animal Feed Sci. Technol.*

UNESCO (2010). “*Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe*”. Dentro del marco del proyecto “*Elaboración del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas de América Latina y el Caribe*”. CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°25.

USDA. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de Agricultura*. Servicio de Investigación Agrícola Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Instituto de Calidad de Suelos. Traducción al español del: “Soil Quality Test Kit Guide”. Argentina.

Wildemeersch, J. C., Timmerman, E., Mazijn, B., Sabiou, M., Ibro, G., Garba, M., & Cornelis, W. (2015). *Assessing the constraints to adopt water and soil conservation techniques in Tillaberi, Niger*. *Land Degradation & Development*, 26(5), 491-501.

Woerner, M. (1989). *Métodos químicos para el análisis de suelos calizos de zonas áridas y semiáridas*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, NL, México. 105 p.

Yáñez Díaz, M. I., Cantú Silva, I., & González Rodríguez, H. (2018). *Efecto del cambio de uso de suelo en las propiedades químicas de un vertisol*. Terra Latinoamericana, 36(4), 369-379.

Yáñez, D. M. I. (2017). *Caracterización Ecopedológica en Vertisoles Bajo Cuatro Sistemas de Uso de Suelo*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, N.L., México. 111p.

Zhang, Z. H., X. Y. Li, Z. Y. Jiang, H. Y. Peng, L. Li, and G. Q. Zhao. (2013). *Changes in some soil properties induced by reconversion of cropland into grassland in the semiarid steppe zone of Inner Mongolia*, 373: 89-106.China. Plant Soil

ANEXOS

Entrevista semiestructurada aplicada

ENCUESTA PARA EL PROYECTO DE TESIS "CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA LOS ÁLAMOS"			
NOMBRE DEL ENTREVISTADOR: _____		FECHA: _____	
FOLIO: _____			
Marca la opción que corresponda y especifica cuando la opción sea "otro"			
1. DATOS GENERALES DEL ENTREVISTADO			
1.1 NOMBRE: _____		1.2 GÉNERO: _____	
1.4 ESTADO CIVIL: _____		1.3 EDAD: _____	
1.6 ESCOLARIDAD: _____		1.5 NO. INTEGRANTES DEL HOGAR: _____	
1.7 OCUPACIÓN: _____			
2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS			
2.2 ¿CUÁL ES LA FUENTE DE AGUA DEL QUE SE ABASTECEN?			
1. TUBERÍA _____		2. PIPA _____	
3. POZO _____		4. OTRO _____	
2.4 ¿CUÁL ES EL COMBUSTIBLE QUE MÁS UTILIZA PARA COCINAR?			
1. GAS _____		2. LEÑA _____	
3. CARBÓN _____		4. OTRO _____	
2.5 ¿CUÁL ES MÉTODO DE ELIMINACIÓN DE BASURA?			
1. BASURERO _____		4. SERVICIO DE RECOLECCIÓN _____	
2. QUEMA _____		3. ENTIERRA _____	
2.6 ¿CUENTA CON SERVICIO MEDICO?			
1. SI _____		2. NO _____	
2.6.1 ¿CUAL? _____			
¿Por qué? _____			
2.7 ¿CON CUÁLES APOYOS GUBERNAMENTALES CUENTA?			
1. BIENESTAR _____		2. DIF _____	
3. SAGAR _____		4. OTRO _____	
4. ACTIVIDADES PRODUCTORAS			
4.1 ¿CUANTAS HECTAREAS TIENE? _____			
4.2 ¿QUÉ ACTIVIDADES PRODUCTIVAS REALIZA Y QUE ÁREA DESTINA PARA CADA ACTIVIDAD?			

5. AGRICULTURA			
5.1.- ¿QUÉ ES LO QUE SIEMBRA, Y CUANTA SUPERFICIE?			
MAÍZ _____		NOGAL _____	
OTRO _____		TIPO: EGO/TEMPORAL _____	
5.2.- APROXIMADAMENTE ¿CUÁNTO MAÍZ COSECHA CADA AÑO?			
5.3.- ¿CUÁNTO COSECHA DE OTROS CULTIVOS?			
5.4.- ¿CUÁL ES EL DESTINO DE LOS PRODUCTOS QUE COSECHA?			
A) AUTOCONSUMO _____		B) VENTA _____	
C) FORRAJE _____		OTROS _____	
5.5.- APROXIMADAMENTE ¿QUÉ PORCENTAJE DE SU COSECHA LA DESTINA PARA EL AUTOCONSUMO?			
A) MENOS DEL 50% _____		B) ENTRE EL 50 Y EL 100% _____	
C) EL 100% _____			
5.6.- APROXIMADAMENTE ¿QUÉ PORCENTAJE DESTINA PARA VENDER?			
A) MENOS DEL 50% _____		B) ENTRE EL 50 Y EL 100% _____	
C) EL 100% _____			
5.7.- ¿DE LO QUE PRODUCE QUE ES LO QUE MÁS VENDE?			

5.8.- ¿EN CUÁNTO LE PAGAN EL KG DE MAÍZ?			

5.9.- MENCIONE QUE OTROS PRODUCTOS AGRÍCOLAS VENDE Y A QUE PRECIO			

5.10.- ¿DE LOS PRODUCTOS QUE VENDE CUALES SON DESTINADOS A UNA EMPRESA DE LA CIUDAD?			

5.11.- ¿A QUÉ EMPRESA SON DESTINADOS?			

5.12.- ¿QUÉ TIPO DE AGRICULTURA UTILIZA?			
A) TRADICIONAL _____		B) INDUSTRIALIZADO _____	
C) SUBSIDIADO _____			
5.13.- ¿CUÁNTO LE COBRA EL TRACTOR POR HECTÁREA O POR HORA DE TRABAJO?			
EN _____			
5.14.- ¿CUÁNTO LE COBRA LA TRILLADORA POR CADA HECTÁREA O POR HORA DE TRABAJO?			

5.15.- ¿CUÁNTO LE COBRA LA EMPACADORA POR HECTÁREA O POR HORA DE TRABAJO?			

5.16.- ¿QUÉ TIPO DE FERTILIZANTE UTILIZA?

A) BIOLÓGICO _____ B) QUÍMICO _____ C) OTROS _____

5.17.- ¿HA TENIDO PROBLEMAS CON PLAGAS O ENFERMEDADES EN SUS CULTIVOS?

5.18.- ¿QUÉ MÉTODO UTILIZA PARA COMBATIR LAS PLAGAS?

5.19.- ¿QUÉ MÉTODO UTILIZA PARA COMBATIR LAS MALEZAS DENTRO DE LOS CULTIVOS?

A) HERBICIDA _____ B) DESHIERBE A MANO _____ OTRA _____

5.20.- ¿TIENE USTED PROBLEMAS CON ANIMALES SILVESTRES EN LOS CULTIVOS?

A) SI _____ B) NO _____

5.21.- ¿CUÁLES SON ESOS ANIMALES?

A) ROEDORES _____ B) AVES _____ C) CONEJO _____ JABALÍ _____

5.22.- ¿QUÉ MÉTODO UTILIZA PARA REDUCIR EL DAÑO EN SUS CULTIVOS?

A) PONER ESPANTAPÁJAROS _____ B) AMARRAR PERROS EN LOS CULTIVOS _____ C) CAZA DE ANIMALES _____
D) OTRO _____

5.23.- ¿TIENE USTED ALGUNA PLANTACIÓN?

A) SI _____ B) NO _____

5.24.- ¿DE QUÉ ES SU PLANTACIÓN?

A) NARANJA _____ B) NOGAL _____ C) ESPECIFIQUE _____

5.25.- ¿CUÁL ES EL DESTINO DE LOS FRUTOS, PARTES Y DERIVADOS?

A) AUTOCONSUMO _____ B) VENTA _____ C) ELABORAR OTROS SUBPRODUCTOS _____

5.26.- ¿QUÉ SUBPRODUCTOS ELABORA?

5.27.- ¿EN CUÁNTO LE PAGAN SUS FRUTOS O PRODUCTOS?

UNIDAD DE MEDIDA _____

5.28.- ¿EN DÓNDE VENDE LOS PRODUCTOS O SUBPRODUCTOS?

A) UNA EMPRESA PARTICULAR _____ B) EN LA LOCALIDAD _____ C) EXPORTA A OTRO PAÍS _____

6. GANADERÍA

6.1 ¿QUÉ TIPO DE GANADO TIENE?

1. VACUNO _____ 2. CAPRINO _____ 3. OVINO _____ 4. OTRO _____

VACUNO

DE LOS ANTERIORES CUANTOS SON:

6.2.1 VACAS _____ 6.2.2 VAQUILLAS _____ 6.2.3 BECERROS _____ 6.2.4 SEMENT# _____

6.3 ¿QUE RAZAS TIENE Y CANTIDADES?

6.3.1 CRIOLLAS _____ 6.3.2 BEEF MASTER _____ 6.3.3 CHAROLAIS _____ 6.3.4 OTRAS _____

6.4 ¿PRACTICA LA ORDEÑA EN LAS VACAS?

1. SI _____ 2. NO _____

6.5 ¿CUANTAS VACAS SON DESTINADAS PARA LA CRÍA DE BECERROS Y CI

6.6 ¿POR DÍA CUANTOS LITROS DE LECHE OBTIENE?

6.7 ¿CUÁL ES EL DESTINO Y USO DE ESTA?

1. VENTA _____ 2. ELABORACIÓN _____ 3. AUTOCONSUMO _____ 4. OTRO _____

6.8 PRECIO DE ESTOS PRODUCTOS

6.7.1 LECHE(L) _____ 6.7.2 QUESOS _____ 6.7.3 OTROS _____ (\$)

CAPRINO			
6.9 ¿CUÁNTAS CABRAS TIENE? _____			
DE LOS ANTERIORES CUANTOS SON:			
6.8.1 MACHOS _____	6.8.2 TRIFONAS _____	6.8.3 CABRITOS _____	
6.10 ¿PRACTICA LA ORDEÑA EN LAS CABRAS?			
1. SI _____ 2. NO _____			
6.11 ¿POR DÍA CUÁNTOS LITROS DE LECHE OBTIENE? _____			
6.12 ¿CUÁL ES EL DESTINO Y USO DE ESTA?			
1. VENTA _____ 2. _____ 3. AUTOCONSUMO _____ 4. OTRO _____			
6.13 PRECIO DE ESTOS PRODUCTOS			
6.12.1 LECHE(L) _____ 6.12.2 QUESOS _____			
(PIEZA) _____ 6.12.3 OTROS _____ (\$)			
OVINO			
6.13 ¿CUÁNTAS BORREGAS TIENE?			
6.14 ¿SE COMERCIALIZA LA LANA OBTENIDA?			
1. SI _____ 2. NO _____			
6.15 ¿CUAL ES EL PRECIO DE VENTA? (\$)			
TIPO DE GANADERIA Y MANEJO			
VACAS CHIVAS BORREGAS			
6.16 ¿CUANTAS SE ENCUENTRAN EN AGOSTADERO?			
6.17 ¿CUÁNTAS SE ENCUENTRAN EN ESTABLO O CORRAL?			
6.18 ¿CUÁNTAS SE ENCUENTRA DE AMABAS FORMAS?			
MEDIDAS SANITARIAS			
SE ACOSTUMBRA:			
6.19 VACUNARLAS O DESPARASITARLAS 1. SI _____ 2. NO _____			
6.20 BAÑARLAS CONTRA GARRAPATA U OTROS PARASITOS DE L 1. SI _____ 2. NO _____			
6.21 DARLE SALES MINERALES 1. SI _____ 2. NO _____			
6.22 DARLE ALIMENTO BALANCEADO, COMPRADO O DE LEABOR/ 1. SI _____ 2. NO _____			
6.23 TENERLAS CON EL SEMENTAL TODO EL TIEMPO 1. SI _____ 2. NO _____			

7. OTROS ANIMALES DOMÉSTICOS (AVES)			
7.1 ¿QUÉ TIPO DE AVES DE CORRAL TIENE Y CUANTAS?			
7.1.1 GALLOS _____	7.1.2 GALLINAS _____	7.1.3 POLLUELOS _____	7.1.4 GUAJOLOTES _____
7.1.5 PATOS _____	7.1.6 GANSOS _____		
7.2 A LAS AVES SE LES ACOSTUMBRA:			
7.2.1 VACUNARLAS? 1. SI _____ 2. NO _____			
7.2.2 DARLES ALIMENTO BALACEANDO, COMPRA O ELABORAR/ 1. SI _____ 2. NO _____			
7.2 ¿CUÁL ES EL USO Y DESTINO DE LOS PRODUCTOS QUE SE GENERAN?			
1. VENTA _____ 2. AUTOCONSUMO _____ 3. OTRO _____			
8. SECTOR FORESTAL			
8.1.- ¿APROVECHAN RECURSOS MADEF 1. SI _____ 2. NO _____			
8.2.- ¿QUÉ ESPECIES MADERABLES SON LAS MAS _____			
¿PARA QUE LAS UTILIZAN? _____			
8.3.- ¿DE ESTAS CUALES SE UTILIZAN PARA LA ELABORACIÓN DE CARBÓN? _____			
8.4.- EL CARBÓN OBTENIDO SE UTILIZA PARA:			
1. VENTA _____ 2. INTERCAMBIO _____ 3. USO PROPIO _____			
8.4.1 ¿Y EN CUANTO LO VENDE? _____			
8.5.- ¿QUÉ ESPECIE SE UTILIZA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTANERÍA? _____			
8.6.- LOS ESTANTES OBTENIDOS SE UTI			
1. VENTA _____ 2. INTERCAMBIO _____ 3. USO PROPIO _____			
8.7.- ¿QUÉ ESPECIES SE UTILIZAN PARA LA CONSTRUCCIÓN? _____			
8.8.- LA MADERA OBTENIDA SE UTILIZAN PARA:			
1. VENTA _____ 2. INTERCAMBIO _____ 3. USO PROPIO _____			
8.9.- ¿SE PRACTICA LA ARTESANÍA EN MADERA? _____ ESPECIE _____			
8.10.- DESTINO DE LOS OBJETOS ARTESANALES :			
1. VENTA _____ 2. INTERCAMBIO _____ 3. USO PROPIO _____			
8.10.1 ¿Y CUANTO LO VENDE? _____			

8.11.- ¿TRAMITAN PERMISOS DE EXTRACCIÓN DE MADERA?	1. SI _____	2. NO _____
8.12.- ¿HAN REFORESTADO EN ALGÚN LUGAR DEL EJIDO?	1. SI _____	2. NO _____
SUPERFICIE _____	LUGAR _____	ESPECIE _____
8.13.- ¿SE HA PRESENTADO ALGÚN EVENTO DE ALTO IMPACTO PARA LA ZONA: DESMONTES O INCENDIOS?		

8.14.- EN LOS ULTIMOS 10 AÑOS ¿CUÁNTAS HECTÁREAS CREE USTED QUE SE HAN DEFORESTADO?		

8.15.- ¿QUÉ RECURSOS NO MADERABLES APROVECHA?		
1. PLANTAS MEDICINALES	2. TIERRA DE MONTE	3. HONGOS
		4. OTRO
8.16.- ¿QUE DESTINO TIENE ESTE RECURSO?		

8.17.- ¿DE ESTOS RECURSOS CUÁL CREE USTED HA SIDO MAYORMENTE IMPACTADO CON EL PASO DEL TIEMPO?		
1. LA VEGETACIÓN _____	2. EL SUELO _____	3. AGUA DISPONIBLE _____
8.18.- SI USTED TUVIESE LA OPORTUNIDAD DE MEJORARLE ¿CUÁL ELEGIRÍA? Y ¿POR QUÉ?		

Galería fotográfica del proceso de campo y laboratorio



1-Recorridos en campo, 2 y 3-Aplicación de entrevistas semiestructuradas, 4-Entrevistas directas y convivencia con los pobladores, 5-Observación de las condiciones de los arroyos, 6-Localización de zonas de aprovechamiento.



1-Medición del perfil del suelo, 2-Extracción de muestras inalteradas, 3-Colecta de muestras DA, 4 y 5- Preparación de muestras para medición de pH y Conductividad, 6 y 7 Preparación de muestras para la medición de Materia orgánica. 8,9,10 y 11-Preparación y medición de composición granulométrica, 12-Saturación de muestras para la medición de la variable conductividad hidráulica.



“Adopta el ritmo de la naturaleza; su secreto es la paciencia.”

Ralph Waldo Emerson